บทที่ 3

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

(DECISION SUPPORT SYSTEM)

ลักษณะโดยทั่วไปของระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ระบบย่อยดังต่อไปนี้

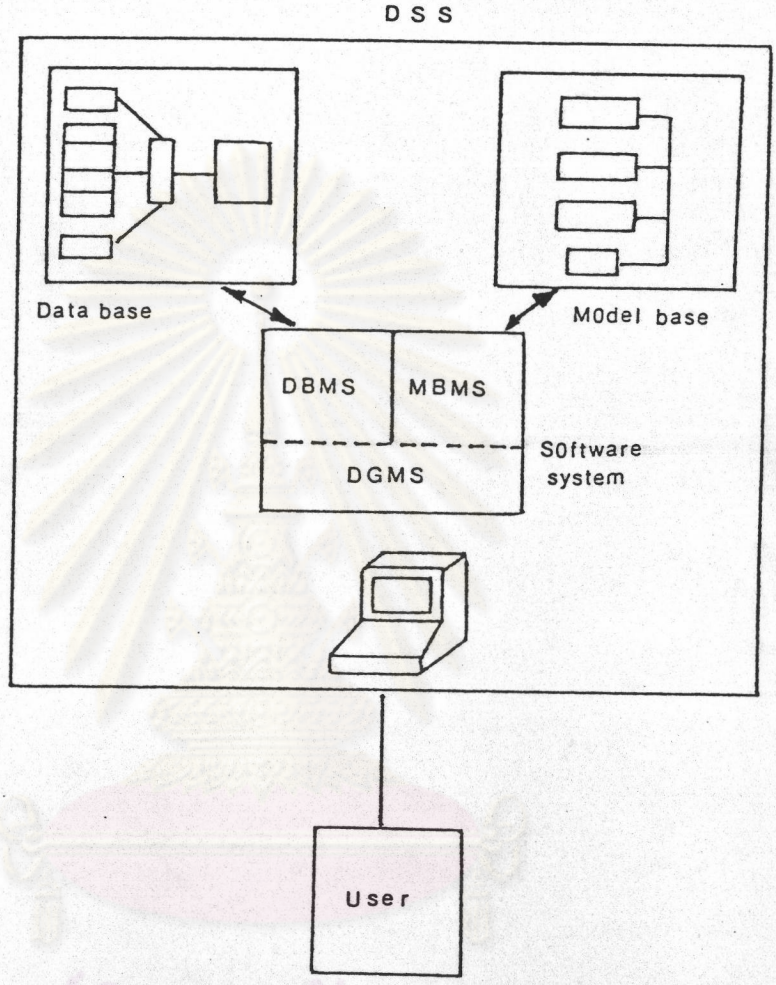
1. <u>ระบบย่อยของการโต้ตอบ</u>

ระบบย่อยนี้เป็นส่วนที่จะทำให้ผู้ใช้ระบบสามารถติดต่อกับระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบย่อยนี้นับได้ว่าเป็นระบบที่มีความสำคัญระบบหนึ่ง ทั้งนี้เพราะถ้าหากว่าระบบใดๆก็ตามที่มีแนวทางการคำนวณที่ดีพร้อมหรือมีระบบการจัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ แต่ระบบการโต้ตอบยังทำได้ไม่ดีประสิทธิภาพรวมของระบบนั้น จะถูกจำกัดลงทันทีด้วยความยากในการใช้งานของระบบ จากความเป็นจริงที่ว่าผู้ใช้ระบบโดยส่วนใหญ่มักไม่มีความรู้ทางด้านคอมพิวเตอร์ เป็นเหตุให้ผู้ใช้จะมองระบบการโต้ตอบเป็นเสมือนกับว่านั่นคือระบบทั้งหมด ทั้งนี้เพราะความสามารถต่างๆของระบบจะถูกแสดงออก และ ถูกส่งเสริมขึ้นมาอย่างเด่นชัดด้วยระบบการโต้ตอบนั่นเอง

โดยปรกติเราจะรวมเอาตัวผู้ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน และซอฟต์แวร์ของระบบเข้าเป็นองค์ประกอบหลักของระบบการโต้ตอบ แต่ถ้าหากว่าจะแยกระบบการโต้ตอบตามปัจจัยหลักที่จะเป็นพื้นฐานในการทำงาน ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.2 เราสามารถแยกออกได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้

1.1 ภาษาในการกระทำ (Action Language)ส่วนนี้เป็นลักษณะการที่ผู้ใช้สามารถสื่อสารเข้าไปหาระบบซึ่งมีสื่อในการติดต่อได้หลายอย่างเช่น คีย์บอร์ด จอยสติก คำสั่งที่เป็นคำพูด เป็นต้น

1.2 ภาษาในการแสดงผล (Presentation Language) ส่วนนี้เป็นลักษณะที่ระบบตอบสนองกลับมาให้ผู้ใช้เห็น ซึ่งจะรวมถึงการเลือกเอาสื่อในการแสดงผลลัพธ์ของระบบ เช่น จอภาพเครื่องพิมพ์ พล็อตเตอร์ และผลลัพธ์ที่เป็นเสียง เป็นต้น

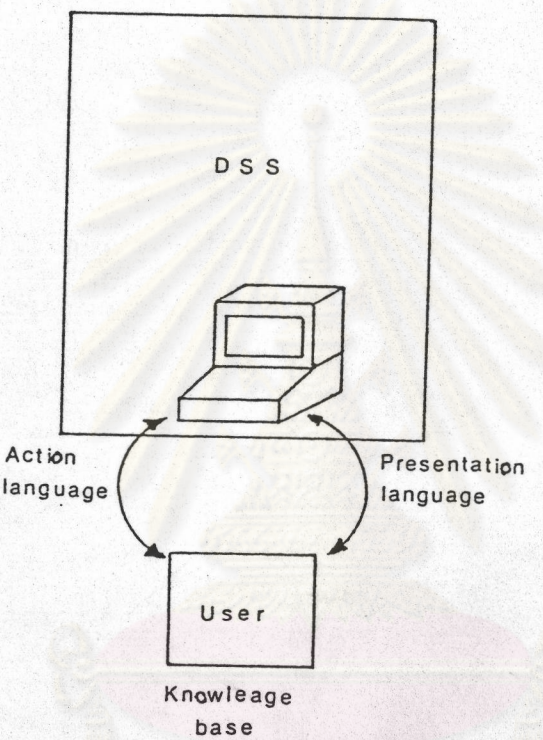


รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014378

1.3 ฐานความรู้ (Knowledge Base) เป็นลักษณะของความเข้าใจพื้นฐานที่ผู้ใช้ต้องทราบซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ด้วย การอบรมผู้ใช้ระบบงานให้มีความรู้เกี่ยวกับระบบซึ่งจะทำให้เกิดผลในการปฏิบัติงานต่อระบบ ทำให้ระบบดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.2 แสดงระบบย่อยของการโต้ตอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ระบบย่อยของข้อมูล

ส่วนนี้เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลและการจัดการฐานข้อมูลของระบบ ระบบย่อยของข้อมูลสามารถแสดงดังในรูปที่ 3.3 สิ่งหนึ่งที่สำคัญต่อระบบย่อยข้อมูลก็คือ แหล่งข้อมูล ทั้งนี้แหล่งข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมทางด้านระบบสนับสนุนการตัดสินใจจะต้องใช้แหล่งข้อมูลจากหลายๆแห่ง ซึ่งอาจจะมาจากแหล่งข้อมูลภายในหน่วยงาน หรืออาจเป็นแหล่งข้อมูลภายนอกเช่น ข้อมูลทางเศรษฐกิจ

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจโดยทั่วไป จะต้องมีกระบวนการดึงข้อมูลและระบบจัดการฐานข้อมูลที่มีความยืดหยุ่นอย่างเพียงพอต่อการเพิ่ม และ การเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นไปตามสภาพความเหมาะสมที่ผู้ใช้ต้องการ

ความสามารถของการจัดการฐานข้อมูลสามารถสรุปได้ดังนี้

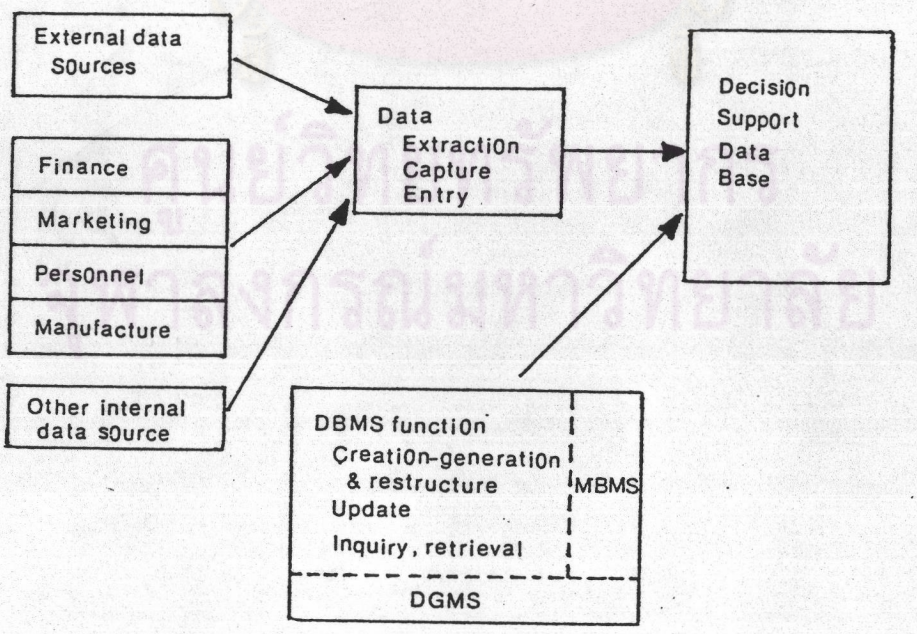
2.1 สามารถรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลายๆแหล่ง โดยระบบการจัดและดึงข้อมูล

2.2 สามารถลดหรือเพิ่มแหล่งข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว

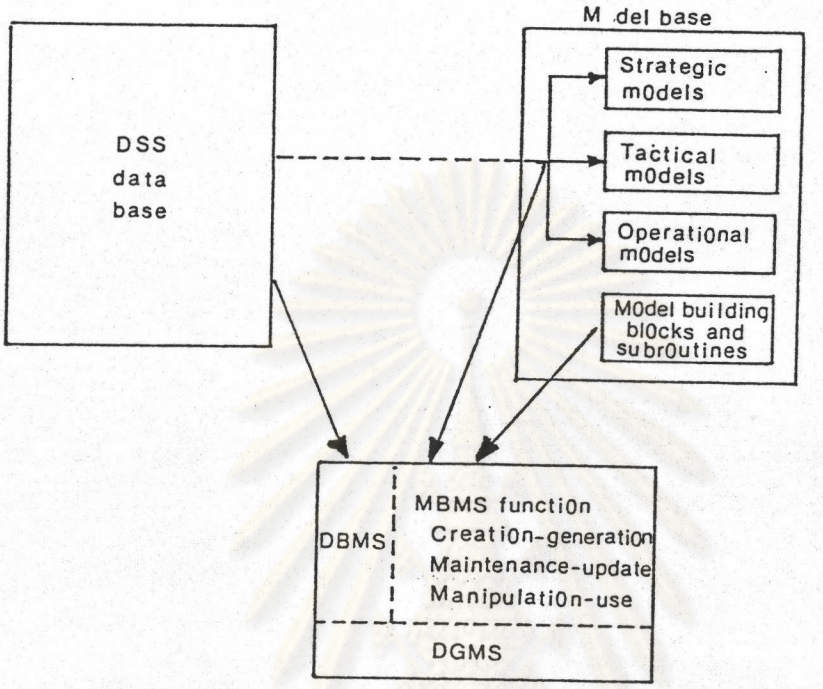
2.3 ผู้ใช้สามารถเข้าใจโครงสร้างของข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมกับสามารถที่จะระบุความต้องการให้เพิ่มหรือลดข้อมูลได้

2.4 สามารถจัดการข้อมูลส่วนตัวหรือข้อมูลที่ไม่เป็นทางการ เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทดลองใช้งานในสภาพจำลองเหตุการณ์ขึ้นได้

2.5 สามารถจัดการข้อมูลได้ในหลายรูปแบบด้วยฟังก์ชันของระบบการจัดการข้อมูลที่มีอยู่



รูปที่ 3.3 แสดงระบบย่อยของข้อมูล



รูปที่ 3.4 แสดงระบบย่อยของแบบจำลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ระบบย่อยทางแบบจำลอง

ส่วนนี้เกี่ยวข้องกับการจัดการแบบจำลองทั้งหมด จะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

3.1 ฐานแบบจำลอง และ ชุดของคำสั่งในการจัดการฐานแบบจำลอง

3.2 ส่วนร่วมของส่วนประกอบแบบจำลอง กับ ส่วนประกอบการโต้ตอบ

3.3 ส่วนร่วมของส่วนประกอบแบบจำลอง กับ ส่วนประกอบของข้อมูล

ซึ่งจะได้อธิบายในรายละเอียดของแต่ละหัวข้อดังนี้

3.1 ฐานแบบจำลอง และ ชุดของคำสั่งในการจัดการฐานแบบจำลอง

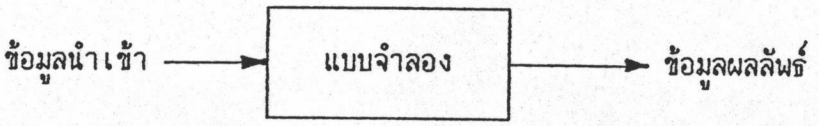
ฐานแบบจำลองจะประกอบด้วย แบบจำลองต่างๆหลายแบบจำลอง เพื่อจะใช้สนับสนุนงานต่างๆรวมทั้งงานด้านการวิเคราะห์ นอกเหนือจากการที่จะต้องมีฐานแบบจำลองแล้ว ในส่วนนี้ยังจำเป็นต้องมีระบบการจัดการแบบจำลองอีกด้วย

3.2 ส่วนร่วมของส่วนประกอบแบบจำลอง กับ ส่วนประกอบการโต้ตอบ

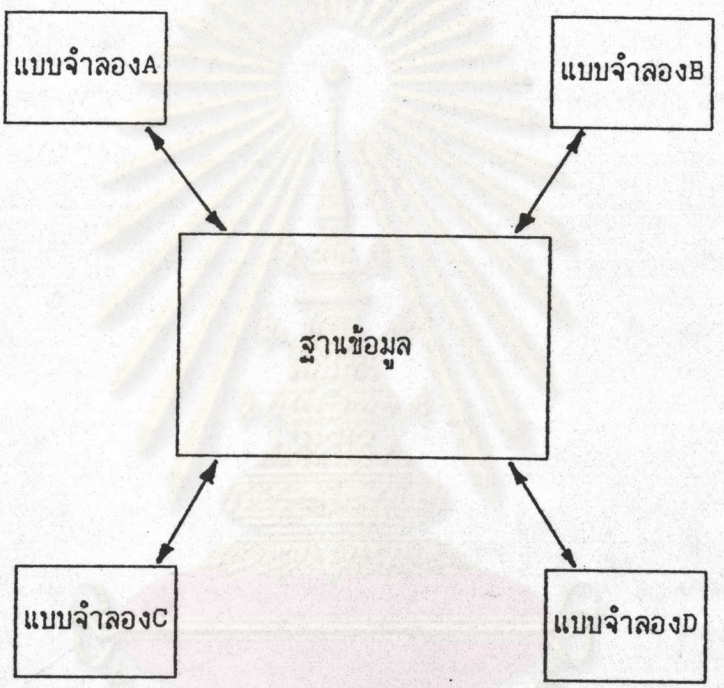
ตัวฐานแบบจำลองและระบบจัดการฐานแบบจำลอง จำเป็นจะต้องมีความสัมพันธ์โดยตรงกับส่วนของการโต้ตอบเพื่อให้ผู้ใช้สามารถควบคุมให้เกิดการปฏิบัติ รวมทั้งการเรียกใช้งานแบบจำลอง ซึ่งลักษณะเช่นนี้เองที่ทำให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับแบบจำลองได้ ผู้ใช้สามารถขัดจังหวะการทำงานของแบบจำลอง หรือสามารถเลือกใช้แบบจำลองแต่ละส่วนในลำดับที่ต่างๆกัน หรือมีการเปลี่ยนพารามิเตอร์ได้ตามต้องการ

3.3 ส่วนร่วมของส่วนประกอบแบบจำลอง กับ ส่วนประกอบของข้อมูล

มีปัญหามากมายซึ่งเกิดขึ้นกับแบบจำลองทั่วๆไป (ก) ซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะการใช้งานที่ขาดส่วนร่วมของส่วนประกอบแบบจำลอง กับ ส่วนประกอบของข้อมูล ในรูป ก แสดงถึงการใช้แบบจำลองเป็นจุดกลางของการรับข้อมูลเข้า และสร้างผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ส่วนในรูป ข แสดงถึงแบบการใช้งานของแบบจำลองที่มีส่วนร่วมของส่วนประกอบแบบจำลอง กับ ส่วนประกอบของข้อมูลในแต่ละแบบจำลอง จะมีการรับข้อมูลต่างๆรวมทั้งพารามิเตอร์จากฐานข้อมูล และจะมีการส่งผลลัพธ์กลับคืนไปสู่ฐานข้อมูลเช่นเดียวกัน ลักษณะเช่นนี้จะทำให้แบบจำลองสามารถนำค่าของข้อมูลที่มีการปรับปรุงครั้งล่าสุดเท่าที่มีอยู่มาใช้งานได้ เมื่อแบบจำลองได้รับค่าผลลัพธ์และส่งกลับไปให้ฐานข้อมูล จากนั้นระบบจัดการโต้ตอบก็จะสามารถนำข้อมูลจากฐานข้อมูลส่วนนี้มาจัดรายงาน เพื่อแสดงให้ผู้ใช้ได้เห็นตามความต้องการ



(ก)



(ข)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แบบจำลอง</u>

จากที่ได้กล่าวเกี่ยวกับระบบการจัดการแบบจำลอง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของระบบนี้อันเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมสำเร็จรูปในงานวิจัยนี้ โดยมีแบบจำลองหลักที่จำเป็นของโปรแกรมสำเร็จรูปสนับสนุนการตัดสินใจ ด้านการวางแผนการผลิตในอุตสาหกรรมกระดาษนี้คือ

1. แบบจำลองการพยากรณ์ยอดขาย
2. แบบจำลองการวางแผนการผลิต
3. แบบจำลองการกำหนดตารางการผลิต

โดยจะได้กล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละแบบจำลองต่อไป

1. แบบจำลองการพยากรณ์ยอดขาย

ในส่วนของการพยากรณ์ยอดขาย จะเป็นการคาดคะเนประมาณความต้องการของสินค้าสำหรับระยะเวลาในอนาคต ซึ่งจะมีผลต่อธุรกิจการผลิตเพราะสามารถทำให้มีการวางแผนการทำงานได้เป็นการล่วงหน้า ทำให้มีโอกาสพิจารณาไตร่ตรอง และ ลดความเสี่ยงต่อการตัดสินใจผิดพลาดในการดำเนินการ

ลักษณะทั่วไปของการพยากรณ์

1.1 ทุกรูปแบบของการพยากรณ์ จะเกี่ยวเนื่องกับเวลาในอนาคต ดังนั้นค่าพยากรณ์จะไม่ถูกต้องแม่นยำโดยสมบูรณ์ เพียงแต่คลาดเคลื่อน หรือ ใกล้เคียงกับค่าจริงจะมีมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เพราะเหตุการณ์ต่างๆที่คาดคะเนประกอบการพยากรณ์นั้น เป็นเรื่องของอนาคตซึ่งหมายถึงเรื่องของความไม่แน่นอนนั่นเอง

1.2 การพยากรณ์ต้องอาศัยข้อมูลจากอดีตที่ผ่านมา

1.3 การพยากรณ์จะมีความเชื่อมั่นในความถูกต้อง ลดลงเรื่อยๆถ้าระยะเวลาอนาคตที่การพยากรณ์ครอบคลุมถึงมีค่าเพิ่มขึ้น

1.4 ถ้าการผลิตเป็นการผลิตสินค้าและบริการหลายชนิด ผลของค่าพยากรณ์จะใกล้เคียงกับค่าจริง ก็ต่อเมื่อการพยากรณ์แยกแยะเป็นรายละเอียดลงไปถึงชนิดและจำนวนหน่วยผลิตของสินค้า และ บริการแต่ละชนิด

ในส่วนของแบบจำลองจะมีรายละเอียด ตามแต่เทคนิควิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณดังจะได้กล่าวถึงดังต่อไปนี้

1. ค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่เชิงเดียว (Single Moving Average) แบบจำลองนี้สมมุติว่ากระบวนการพื้นฐานมีลักษณะเป็นค่าคงที่ โดยค่าพยากรณ์จะมาจากการหาค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ ในการเริ่มต้นที่จะทำการพยากรณ์ เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องเลือกพารามิเตอร์ N โดยเรากำหนดให้

N เป็นจำนวนของพจน์ (หรือ ช่วง) ในค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ M_t

X_t เป็นค่าสังเกต แสดงถึงปริมาณความต้องการที่ผ่านมาในแต่ละช่วงเวลา t

โดยค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ คือ

$$M_t = (X_{t-N+1} + \dots + X_{t-1} + X_t) / N \quad \dots(2)$$

หรือ

$$M_t = M_{t-1} + (X_t - X_{t-N}) / N \quad \dots(3)$$

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าพยากรณ์ล่วงหน้า k ช่วง คือ

$$F_t(k) = M_t \ , \ k = 1,2,... \qquad ...(4)$$

การใช้งานในแบบจำลองนี้ จะใช้พยากรณ์ค่าได้ ก็ต่อเมื่อมีค่าสังเกตไม่น้อยกว่า N ค่า

2. ค่าเฉลี่ยการเคลื่อนที่ในเชิงเส้น (Linear Moving Average) แบบจำลองนี้ขยายขึ้นมาจากแบบจำลองการหาค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่เชิงเดี่ยว โดยสมมุติว่ากระบวนการมีแนวโน้มในลักษณะเชิงเส้น ซึ่งมีส่วนประกอบที่เป็นค่าคงที่และส่วน ประกอบที่เป็นความชัน สมการที่ (2) และ (3) สามารถใช้ในแบบจำลองนี้ด้วย นอกจากนี้ก็ยังต้องการค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ครั้งที่ 2 ซึ่งก็คือ

$$M2_t = (M_{t-N+1} + ... + M_{t-1} + M_t)/N \qquad ...(5)$$

หรือ

$$M2_t = M2_{t-1} + (M_t - M_{t-N})/N \qquad ...(6)$$

ส่วนความชัน b_t และจุดตัด a_t และการพยากรณ์ล่วงหน้า k ช่วง จะคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$b_t = 2 (M_t - M2_t) / (N-1) \qquad ...(7)$$

$$a_t = 2 M_t - M2_t \qquad ...(8)$$

และ

$$F_t(k) = a_t + b_t k \ , \ k = 1,2,... \qquad ...(9)$$

เราสามารถใช้แบบจำลองนี้ในการพยากรณ์ได้ ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลที่เป็นค่าสังเกตุอย่างน้อยที่สุด 2N ก่อนที่จะมีการพยากรณ์

3. การถดถอยเชิงเส้นด้วยช่วงเวลาที่คงที่ (Linear Regression) แบบจำลองนี้จะสมมุติว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรสองตัว และต้องการที่จะพยากรณ์ค่าของตัวแปรตัวหนึ่งในเทอมของอีกตัวหนึ่ง นั่นคือว่าเมื่อมีข้อมูลเป็นอนุกรมเวลา โดยมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงระหว่างค่าที่ต้องการทราบ กับ ค่าของช่วงเวลา ดังนั้นจึงต้องหาสมการเส้นตรงที่จะแสดงค่าพยากรณ์เป็นฟังก์ชันของเวลา แล้วใช้สมการนี้ในการพยากรณ์ค่าที่ต้องการทราบตาม

ช่วงเวลาในอนาคต เมื่อให้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีลักษณะเป็นเส้นตรงแล้ว จะได้ว่าความชัน b_t และจุดตัด a_t คือ

$$b_t = \frac{-0.5\,(N-1)\sum_{j=1}^{N-1} X_{t-j} + \sum_{j=1}^{N-1}(jX_{t-j})}{N(N-1)^2/4 - N(N-1)(2N-1)/6} \quad ...(10)$$

$$a_t = \bar{X}_t + b_t\,(N-1)/2 \quad ...(11)$$

ซึ่ง $\bar{X}_t$ คือ ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตุสุดท้าย N จำนวนก่อนเวลา t สมการ (9)ใช้ในการพยากรณ์ช่วงเวลาในอนาคต

4. การพยากรณ์แบบเอกซ์โปเนนเชียลเชิงเดี่ยว (Single Exponential Smoothing) แบบจำลองนี้มีการใช้อย่างแพร่หลายที่สุดในการพยากรณ์ เพราะเป็นวิธีที่ง่าย โดยมีกระบวนการมูลฐานที่ถูกสมมุติให้เป็นค่าคงที่ แบบจำลองนี้เริ่มต้นที่การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของความราบเรียบ (Smoothing parameter) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 จากนั้นจะคำนวณหาค่าเฉลี่ยของความราบเรียบ (Smoothing Average) โดยให้แทนด้วยสัญญลักษณ์ S_t ในสมการ (12) แสดงวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยของความราบเรียบ (Smoothed Average) กำหนดให้แทนด้วยสัญญลักษณ์ S_t

$$S_t = X_t + (1-\alpha)S_{t-1} \quad ...(12)$$

ซึ่ง

α คือ พารามิเตอร์ความราบเรียบ ค่า α ที่สูงจะทำให้การพยากรณ์แปรผันมากกว่าค่า α ที่ต่ำ

ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้า k ช่วงเวลา จะคำนวณได้โดย

$$F_t(k) = S_t, \quad k = 1,2,... \quad ...(13)$$

ในโปรแกรมการพยากรณ์ จะกำหนดค่าเริ่มต้นของค่าเฉลี่ยความราบเรียบด้วยค่าสังเกตุค่าแรก ถ้าไม่ต้องการค่านี้ ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเริ่มต้นขึ้นเองได้

5. เอกซ์โปเนนเชียลทวีคูณ (Double Exponential Smoothing) แบบจำลองนี้ขยายขึ้นมาจากแบบจำลองเอกโปเนนเชียลเชิงเดี่ยว แต่กระบวนการมูลฐานที่สมมุติในแบบจำลองนี้ มีลักษณะเป็นแนวโน้มเชิงเส้น โดยความชัน (b) และจุดตัด (a) จะถูกปรับ

ในทุกๆช่วงเวลา สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$a_t = X_t + (1-\alpha)^2 e_t \quad \ldots(14)$$

$$b_t = b_{t-1} - \alpha^2 e_t \quad \ldots(15)$$

ซึ่ง $$e_t = F_{t-1}(1) - X_t \quad \ldots(16)$$

e_t คือ ความคลาดเคลื่อนในช่วงเวลา t ของการพยากรณ์

ส่วนการพยากรณ์ล่วงหน้า k ช่วงเวลา เราสามารถใช้สมการที่ 9 ในการคำนวณได้ในการเริ่มต้นพยากรณ์ จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นของจุดตัด และ ความชัน ซึ่งถ้าหากไม่มีการกำหนดขึ้นมา โปรแกรมเริ่มต้นจะกำหนดจุดตัดให้เป็น ค่าสังเกตุที่ได้ครั้งแรก และความชัน ถูกกำหนดค่าเริ่มต้นให้เป็นศูนย์

6. เอกซ์โปเนนเชียลทรีคูณ (Triple Exponential Smoothing) แบบจำลองนี้ได้ขยายขึ้นมาจากแบบจำลองเอกโปเนนเชียลทวีคูณอีกชั้นหนึ่ง แต่ในกรณีนี้กระบวนการมูลฐานถูกสมมุติให้อยู่ในรูปของสมการควอดดราติค

การพยากรณ์ล่วงหน้า k ช่วงเวลา สามารถคำนวณได้โดย

$$F_t(k) = a_t + b_t k + 0.5\, c_t k^2 \ , \ k=1,2,\ldots \quad \ldots(17)$$

ค่าสัมประสิทธิ์ a, b และ c ถูกปรับโดยใช้สมการ (18), (19) และ (20) ตามลำดับ

$$a_t = X_t + (1-\alpha)^3 e_t \quad \ldots(18)$$

$$b_t = b_{t-1} + c_{t-1} - 1.5\alpha^2 (2-\alpha) e_t \quad \ldots(19)$$

$$c_t = c_{t-1} - \alpha^3 e_t \quad \ldots(20)$$

การเริ่มต้นพยากรณ์จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้นของ a, b และ c ซึ่งถ้าหากผู้ใช้โปรแกรมไม่กำหนดค่าเริ่มต้นของ a, b และ c โปรแกรมจะกำหนดให้ a มีค่าเป็น ค่าสังเกตุค่าแรก และ กำหนดให้ b และ c มีค่าเป็นศูนย์

7. อัตราการปรับการตอบสนอง (Adaptive Response Rate Exponential Smoothing หรือ ADAPT)แบบจำลองนี้พัฒนาโดย TRIGG และ LEACH โดยสมมุติกระบวนการมีลักษณะคงที่ เหมือนในวิธีการของการพยากรณ์แบบเอกซ์โปเนนเชียล อย่างไรก็ตามค่าพารามิเตอร์ของความราบเรียบนี้จะมีการกำหนดให้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เพื่อที่การพยากรณ์จะสามารถปรับตัวได้รวดเร็ว มากกว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในทันทีของกระบวนการที่คงที่นี้ ความคลาดเคลื่อนของความราบเรียบ 2 ค่าในวิธีนี้คือ

$$E_t = \beta e_t + (1-\beta)E_{t-1} \qquad ...(21)$$

และ $$A_t = \beta \left| e_t \right| + (1-\beta)A_{t-1} \qquad ...(22)$$

โดย $e_t = X_t - F_{t-1}(1)$ ซึ่งมีค่าเพียงเล็กน้อย เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ล่วงหน้า t ช่วงเวลา

E_t คือค่าของความคลาดเคลื่อนของความเรียบ (Smoothed Average Error)

และ A_t คือค่าของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของความเรียบ (Smoothed Absolute error)

โดยอัตราส่วนของ E_t และ A_t ก็คือ สัญญาณบอกเหตุของการพยากรณ์ (Tracking Signal) แทนด้วยสัญญลักษณ์ TS_t และค่าสัมบูรณ์ของอัตราส่วนนี้จะเป็นค่าพารามิเตอร์ของความเรียบหรือที่เราใช้แทนด้วยสัญญลักษณ์ โดยจะเปลี่ยนค่าจากช่วงเวลาหนึ่งไปยังอีกช่วงเวลาหนึ่งและค่านี้จะใช้ในการปรับค่าเฉลี่ยของความเรียบ

$$S_t = \alpha_t X_t + (1- \alpha_t)S_{t-1} \qquad ...(23)$$

โดย $TS_t = E_t / A_t$ และ $\alpha_t = \left|TS_t\right|$

โปรแกรมกำหนดค่าเริ่มต้น S_1 ด้วย X_1 และกำหนด E_1 , A_1 เป็นศูนย์ วิธีนี้ทำให้เกิดช่วงเวลาที่เรียงลำดับต่อกัน 2 ช่วงแรก เราอาจจะกำหนดค่าเริ่มต้นด้วยวิธีอื่นนอกจากนี้ก็ได้ ซึ่งถ้าหากจำนวนค่าสังเกตุในทุกวิธีมีปริมาณมากพอแล้วผลลัพธ์ของการพยากรณ์ทั้งหมดจะให้ผลเหมือนกัน ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงวิธีการของการกำหนดค่าเริ่มต้น นอกจากนี้ผู้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปยังสามารถกำหนดค่าเริ่มต้นของ S_0 E_0 และ A_0 ขึ้นเองได้ ส่วนสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ในแบบจำลองนี้คือ สมการที่ (13)

8. เอกโปเนนเชียลเชิงเส้นแบบฮอลท์ (HOLT's 2-Parameters Linear Exponential Smoothing หรือ HOLT) วิธีนี้จะเหมือนแบบจำลองของแนวโน้มเชิงเส้นเส้นหนึ่ง สมการที่ (24) และ (25) แสดงถึงวิธีการปรับจุดตัด และ ความชัน

$$a_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1}) \quad ...(24)$$

$$b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad ...(25)$$

ซึ่ง α และ β เป็นค่าพารามิเตอร์ของความเรียบ วิธีกำหนดค่าเริ่มต้นที่ใช้ในโปรแกรมนี้เหมือนกับใน

$$a_1 = X_1$$

และ $$b_t = (X_2 - X_1) /2 + (X_4 - X_3) /2$$

สิ่งนี้จะบ่งเป็นนัยว่า ต้องการค่าสังเกตุ 4 ค่าสุดท้าย ถ้าไม่ได้เลือกที่จะกำหนดค่าเอง สมการ (9) ใช้สร้างการพยากรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการ	สมการการพยากรณ์	สมการอื่นที่จำเป็น
SMAVE	$F_t(k) = M_t,\ k = 1,2,\ldots$	$M_t = M_{t-1} + (X_t - X_{t-N})/N$
LMAVE	$F_t(k) = a_t + b_t k,\ k = 1,2,\ldots$	$b_t = 2(M_t - H_t)/(N-1)$
		$a_t = 2M_t - H_t$
		$H_t = H_{t-1} + (M_t - M_{t-N})/N$
		$M_t = M_{t-1} + (X_t - X_{t-N})/N$
REGRESS	$F_t(k) = a_t + b_t k,\ k = 1,2,\ldots$	$b_t = \dfrac{-0.5(N-1)\sum_{j=1}^{N-1} X_{t-j} + \sum_{j=1}^{N-1}(jX_{t-1})}{N(N-1)^2/4 - N(N-1)(2N-1)/6}$
		$a_t = X_t + b_t(N-1)/2$
X1PO	$F_t(k) = S_t,\ k = 1,2,\ldots$	$S_t = \alpha X_t + (1-\alpha)S_{t-1}$
X2PO	$F_t(k) = S_t,\ k = 1,2,\ldots$	$a_t = X_t + (1-\alpha)^2 e_t$
		$b_t = b_{t-1} - \alpha^2 e_t$
		$e_t = F_{t-1}(1) - X_t$
X3PO	$F_t(k) = a_t + b_t k + 0.5c_t k^2$	$a_t = X_t + (1-\alpha)^3 e_t$
		$b_t = b_{t-1} + c_{t-1} - 1.5\alpha^2(2-\alpha)c_t$
		$c_t = c_{t-1} - \alpha^3 e_t$
ADAPT	$F_t(k) = S_t,\ k = 1,2,\ldots$	$S_t = \alpha_t X_t + (1-\alpha)S_{t-1}$
HOLT	$F_t(k) = a_t + b_t k,\ k = 1,2,\ldots$	$a_t = \alpha X_t + (1-\alpha)(a_{t-1} + b_{t-1})$
		$b_t = \beta(a_t - a_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. แบบจำลองการวางแผนการผลิต

วัตถุประสงค์เบื้องต้นของการวางแผนการผลิต ก็เพื่อที่จะให้เป็นที่มั่นใจได้ว่าสินค้าจะต้องผลิตเสร็จและส่งมอบให้แก่ลูกค้าได้ทันเวลา ในการวางแผนการผลิตโดยปรกติจะแบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ การวางแผนระยะยาว การวางแผนระยะปานกลาง และการวางแผนระยะสั้น ซึ่งในการทำวิจัยฉบับนี้จะกล่าวถึงแต่เพียงการวางแผนระยะสั้น อันเป็นการวางแผนที่เกี่ยวกับทรัพยากรต่างๆเพื่อให้การผลิตดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ การวางแผนระยะสั้นปรกติมีช่วงระยะเวลาระหว่าง 3 เดือนถึง 2 ปี โดยมุ่งที่จะตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนวันของการผลิต จำนวนแรงงานที่ต้องใช้ จำนวนพัสดุที่ต้องใช้ และอื่นๆ

หลังจากที่ได้มีการพยากรณ์ยอดขายแล้ว เราจะนำค่าการพยากรณ์นั้นมาใช้ในการวางแผนการผลิต ในการวางแผนการผลิตจะใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ โดยจะนำเอาเรื่องของโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา

ต่อไปจะได้อธิบายความหมายของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนการผลิตกระดาษดังนี้คือ

1. ค่าพยากรณ์ยอดขาย (หน่วยเป็น ตัน)

เป็นค่าความต้องการปริมาณของกระดาษในตลาด ณ ช่วงเวลาใดๆ (ในแต่ละเดือน) ซึ่งค่านี้เกิดจากการคำนวณตามแบบจำลองการพยากรณ์ที่ได้กล่าวไปแล้ว นอกจากนี้ค่าความต้องการของตลาดยังสามารถกำหนดขึ้นเองตามความเหมาะสมที่ผู้ตัดสินใจต้องการ ค่านี้จะแทนด้วยสัญญลักษณ์ S_t

2. ปริมาณการผลิตในเวลาการผลิตปรกติ (หน่วยเป็น ตัน)

เป็นปริมาณของกระดาษที่จะทำการผลิตขึ้นภายในช่วงของเวลาทำการผลิตปรกติในแต่ละเดือน

3. ปริมาณการผลิตนอกเวลาการผลิตปรกติ (หน่วยเป็น ตัน)

เป็นปริมาณของกระดาษที่จะทำการผลิตนอกเวลาการผลิตปกติ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ผู้วางแผนการผลิตจะทำการจัดหาช่วงเวลาที่ว่าง เพื่อให้ปริมาณการผลิตครบตามความต้องการ

4. ปริมาณการผลิตรวม (หน่วยเป็น ตัน)

เป็นปริมาณการผลิตรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละเดือน เป็นการรวมเอาปริมาณกระดาษที่ผลิตได้ในส่วนของการผลิต ทั้งในเวลาปรกติกับการผลิตนอกเวลาปรกติรวมกัน

5. ปริมาณสินค้าคงคลังเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาใดๆ (หน่วยเป็น ตัน)

เป็นปริมาณที่มีการจัดเก็บกระดาษในคลังสินค้าของโรงงาน เมื่อถึงปลายช่วงเวลาการผลิตใดๆ ซึ่งจะเป็นปริมาณที่ต้องคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในการจัดเก็บ

6. จำนวนวันที่ผลิตกระดาษตามปรกติ (Working day)

เป็นจำนวนวันที่มีการผลิตกระดาษตามปรกติในแต่ละเดือนของกระดาษแต่ละเกรดที่จะทำการวางแผนการผลิต ค่านี้แทนด้วยสัญญลักษณ์ D_t

7. จำนวนวันที่ผลิตกระดาษนอกเวลาการผลิตปกติ

8. จำนวนวันที่ผลิตเพิ่ม

เป็นจำนวนวันที่เพิ่มขึ้นในการผลิตกระดาษแต่ละเดือน เมื่อเทียบกับเดือนการผลิตก่อนหน้านี้

9. จำนวนวันที่ลดการผลิต

เป็นจำนวนวันที่ลดลงในการผลิตกระดาษแต่ละเดือน เมื่อเทียบกับเดือนการผลิตก่อนหน้านี้

โดยปกติของการผลิตกระดาษ การปรับค่ากำลังการผลิตต่อวันมักทำได้ยาก ดังนั้นกำลังการผลิตในแต่ละวันมักจะมีการกำหนดให้คงที่

ในแบบจำลองของการวางแผนการผลิต กำหนดให้ r แทนค่าของกำลังการผลิตต่อวัน โดยมีหน่วยเป็น ตันต่อวัน ถ้ากำหนดค่าให้ $k = 1/r$, k จะหมายถึงจำนวนวันที่ใช้ในการผลิตกระดาษให้ได้จำนวน 1 ตัน ซึ่งค่า k นี้จะได้นำไปใช้ประกอบการคำนวณในแบบจำลองการวางแผนการผลิตต่อไป

ค่าใช้จ่ายต่างๆที่เกิดขึ้นในการผลิตกระดาษ

1. ค่าใช้จ่ายรวมของการผลิตกระดาษในช่วงการผลิตปรกติ

ถ้ากำหนดให้ C_p = ค่าใช้จ่ายในการผลิตในช่วงการผลิตปรกติต่อวันการผลิต (บาท/วัน) โดยปรกติแล้วค่าใช้จ่ายในการผลิต นิยมคิดเป็นบาทต่อหน่วยสินค้า ซึ่งค่านี้จัดเป็นค่าคงที่ของต้นทุนการผลิตในประเภทผันแปรต่อหน่วย หมายถึงต้นทุนที่แปรเปลี่ยนไปตามปริมาณการผลิต แต่เนื่องจากในแต่ละวันการผลิตกระดาษมีปริมาณการผลิตที่คงที่ ดังนั้นจึงประเมินค่าใช้จ่ายต่อหน่วยสินค้าให้เป็นค่าใช้จ่ายต่อวันทำงาน ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการคำนวณ

ค่าใช้จ่ายของการผลิตในช่วงเวลาการผลิตปรกติ = $C_p D_t$

2. ค่าใช้จ่ายรวมของการผลิตกระดาษในส่วนที่เกินขีดจำกัดการผลิต

ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ มีการผลิตในส่วนที่เกินขีดจำกัดการผลิตเท่านั้น ถ้าหากแผนการผลิตสามารถผลิตได้ภายในช่วงเวลาปรกติ ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ก็จะไม่เกิดขึ้น

ถ้ากำหนดให้ C_o = ค่าใช้จ่ายในการผลิตนอกช่วงเวลาการผลิตปรกติต่อวันการผลิต (บาทต่อวัน)
ค่าใช้จ่ายในการผลิตนอกช่วงเวลาการผลิตปรกติ จะอธิบายได้ในทำนองเดียวกันกับการผลิตในช่วงเวลาการผลิตปรกติ

ค่าใช้จ่ายรวมของการผลิตในส่วนที่เกินขีดจำกัดการผลิต = $C_o(kP_t - D_t)^+$

3. ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มจำนวนวันผลิตเทียบกับเดือนการผลิตก่อนหน้านี้

กำหนดให้ C_m เป็นค่าใช้จ่ายในการเพิ่มวันผลิตต่อวันการผลิต
ค่าใช้จ่ายในส่วนที่เกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ มีการเพิ่มจำนวนวันการผลิตเมื่อเทียบกับเดือนก่อนหน้านี้ แต่ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะมีค่าเป็น 0 หรือไม่เกิดขึ้นเลย เมื่อการผลิตที่เกิดขึ้นเป็นการลดจำนวนวันทำการผลิต ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ = $C_m(D_t - D_{t-1})^+$

4. ค่าใช้จ่ายในการลดจำนวนวันผลิตเมื่อเทียบกับเดือนการผลิตก่อนหน้านี้

กำหนดให้ C_t เป็นค่าใช้จ่ายในการลดวันผลิตต่อวันการผลิต ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ก็จะเป็นไปในทำนองเดียวกับค่าใช้จ่ายในการเพิ่มจำนวนวันการผลิต นั่นคือค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการลดจำนวนวันการผลิต แต่จะไม่เกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณการผลิต ดังนั้น

ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ = $C_t (D_t - D_{t-1})^-$

5. ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง

กำหนดให้ C_1 เป็นค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าต่อหน่วย (บาทต่อตัน) ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ มีการจัดเก็บสินค้าลงในคลังสินค้าของโรงงานเท่านั้น ถ้าหากไม่มีการจัดเก็บ ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้มีค่าเป็น 0

ค่าใช้จ่ายในการเก็บสินค้าคงคลัง = $C_1 I_t^+$

6. ค่าใช้จ่ายเนื่องจากการขาดส่งสินค้า

กำหนดให้ C_2 เป็นค่าใช้จ่ายในการขาดส่งสินค้าต่อหน่วย (บาทต่อตัน) ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีการขาดส่งสินค้า นั่นคือถ้าหากว่าในคลังสินค้าไม่มีสินค้าเก็บในขณะที่สินค้ามีการสั่งจากลูกค้าทำให้เกิดสภาพการขาดส่งสินค้า แต่ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะไม่เกิดขึ้นเลยถ้าหากว่าในคลังสินค้ามีสินค้าอยู่ตลอด

ค่าใช้จ่ายในการขาดส่งสินค้าคงคลัง = $C_2 I_t^-$

นั่นคือ ค่าใช้จ่ายรวมที่เกิดขึ้นของการผลิตในแต่ละคาบเวลาการผลิต t ใดๆ มีค่าเท่ากับ

$$C_p D_t + C_o (kP_t - D_t)^+ + C_1 (D_t - D_{t-1})^+ + C_d (D_t - D_{t-1})^- + C_1 I_t^+ + C_2 I_t^-$$

ที่จุดนี้เมื่อมีการนำเอาโปรแกรมเชิงเส้นมาใช้ เราสามารถตั้งเป็นสมการเป้าหมายในการวางแผนการผลิต จะได้ว่า ค่าน้อยสุดของสมการ

$$\text{Min} \quad \sum_{t=1}^{T} [\, C_p D_t + C_o (kP_t - D_t)^+ + C_1 (D_t - D_{t-1})^+ + C_d (D_t - D_{t-1})^- + C_1 I^+ + C_2 I^- \,]$$

โดยมีข้อจำกัดดังนี้

$D_t \Rightarrow 0$,

$P_t \Rightarrow 0$

$I_t = I_{t-1} + P_t - S_t$

ต่อไปจะกำหนดตัวแปรต่างๆที่ช่วยในการแก้สมการดังต่อไปนี้

$$X_t = (D_t - D_{t-1})^+$$
$$Y_t = (D_t - D_{t-1})^-$$
$$Z_t = (kP_t - D_t)^+$$
$$W_t = (kP_t - D_t)^-$$
$$U_t = I_t^+$$
$$V_t = I_t^-$$

เนื่องจาก $q^+ - q^- = q$ นั้นคือ

$kP_t - D_t = Z_t - W_t$ และ $P_t = I_t - I_{t-1} + S_t$

จะได้ว่า

$$D_t = k(I_t - I_{t-1} + S_t) - Z_t + W_t$$

แทนค่า D_t และตัวแปรต่างๆที่สมมติขึ้นลงในสมการเป้าหมาย เพราะฉะนั้นสมการที่สร้างขึ้นใหม่จะได้ว่า

$$\text{Min} \sum_{t=1}^{T} [\, C_1X_t + C_3Y_t + (C_o - C_p)Z_t + C_pW_t + C_1U_t + C_2V_t \,]$$
$$+ C_pk [\, (U_T - V_T) - I_o \sum_{t=1}^{T} S_t \,]$$

โดยต่อไปจะแปลงรูปของสมการข้อจำกัด เพื่อให้สอดคล้องกับสมการเป้าหมายที่ได้สร้างขึ้นใหม่

โดยจากสมการข้อจำกัดที่ว่า $D_t \Rightarrow 0$

$$kP_t - Z_t + W_t \Rightarrow 0$$

$$k(I_t - I_{t-1} + S_t) - Z_t + W_t \Rightarrow 0$$

$$k(U_t - V_t) - k(U_{t-1} - V_{t-1}) - Z_t + W_t \Rightarrow -kS_t$$

$$-(U_t - V_t) + (U_{t-1} - V_{t-1}) - (Z_t - W_t)/k \quad <= \quad S_t \quad ....1$$

จากสมการข้อจำกัด $D_t <= M_t$ สามารถพิสูจน์ได้ทำนองเดียวกัน นั่นคือ

$$k(U_t - V_t) - k(U_{t-1} - V_{t-1}) - (Z_t - W_t) <= M_t - kS_t$$

$$(U_t - V_t) - (U_{t-1} - V_{t-1}) - (Z_t - W_t)/k <= M_t/k - S_t \quad ....2$$

จากสมการข้อจำกัด $P_t => 0$ จะได้ว่า

$$I_t - I_{t-1} + S_t \quad => \quad 0$$

$$(U_t - V_t) - (U_{t-1} - V_{t-1}) + S_t \quad => \quad 0$$

$$-(U_t - V_t) + (U_{t-1} - V_{t-1}) \quad <= \quad -S_t \quad ....3$$

สมการข้อจำกัดที่ 4 จะได้ดังต่อไปนี้

$$X_t - Y_t = D_t - D_{t-1}$$

และ

$$(Z_t - W_t) = kP_t - D_t$$

นั่นคือ

$$X_t - Y_t = kP_t - (Z_t - W_t) - kP_{t-1} + (Z_{t-1} - W_{t-1})$$

แทนค่า $P_t = I_{t-1} + S_t$ และสมการ $I_t = (U_t - V_t)$

ลงในสมการข้างบนจะได้ว่า

$$(X_t - Y_t) + (Z_t - W_t) - (Z_{t-1} - W_{t-1}) - k\,(U_t - V_t) + 2k(U_{t-1} - V_{t-1})$$

$$= \quad k\,(S_t - S_{t-1}) \qquad \ldots.4$$

จากสมการเป้าหมายใหม่ และ สมการข้อจำกัดใหม่ที่ 1, 2, 3 และ 4 จะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องในแต่ละคาบเวลาทั้งหมด 6 ตัวแปร ในแบบจำลองการผลิตนี้กำหนดให้มีการวางแผนล่วงหน้าได้ทั้งหมด 5 คาบเวลา ดังนั้นจะมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการวางแผนทั้งหมดไม่เกิน 30 ตัวแปร ที่จุดนี้จะนำมาประกอบในการออกแบบและเขียนโปรแกรมต่อไป

3. <u>แบบจำลองการกำหนดตารางการผลิต</u> (Scheduling Model)

การกำหนดตารางการผลิต คือการแจกจ่ายงาน หรือ จัดงานเข้าสู่การผลิตหลังจากที่ได้มีการวางแผนการผลิตไว้แล้ว ซึ่งการกำหนดตารางการผลิตในที่นี้ จะเป็นไปในลักษณะของการจัดเตรียมตารางเวลาของการผลิตกระดาษให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความพอใจของผู้จัดทำตารางการผลิต ในการกำหนดตารางงานจำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดลำดับของการผลิตกระดาษก่อน (Sequencing) ซึ่งหมายถึงผู้จัดตารางการผลิตกระดาษจะต้องรู้ถึงลำดับก่อนหลังของการผลิตกระดาษแต่ละเกรด

แบบจำลองในส่วนนี้เป็นไปในลักษณะของการให้ผู้ใช้โปรแกรมได้ทดลองสมมุติเหตุการณ์ต่างๆขึ้น ซึ่งเหตุการณ์ในที่นี้หมายถึงกำหนดการณ์การผลิต เมื่อผู้ใช้โปรแกรมทดลองทำตารางการผลิตเรียบร้อยแล้ว ก็จะมีการนำเอาข้อจำกัด หรือ ระเบียบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการผลิต เช่น เรื่องของวันเวลาที่ว่างในแต่ละคาบเวลาของการกำหนดตารางการผลิต ซึ่งข้อจำกัดหรือระเบียบต่างๆนี้จะนำมาใช้ประมวลผล เพื่อดูความเป็นไปได้ของตารางการผลิตที่กำหนดขึ้นมานี้ จากนั้นก็จะคำนวณค่าเป้าหมาย (ในที่นี้หมายถึง ค่าใช้จ่ายในการผลิต) ของการกำหนดตารางการผลิต ผู้ใช้โปรแกรมสามารถทดลองทำซ้ำโดยเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์ได้ตามความพอใจของผู้ใช้โปรแกรม

วิธีการนี้อาจให้กำหนดการณ์ของตารางการผลิตที่ไม่ใช่กำหนดการณ์ที่ดีที่สุด แต่วิธีนี้จะให้กำหนดการณ์ของตารางการผลิตที่ทำให้เกิดความพอใจสูงสุดของผู้จัดทำตารางการผลิต

ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการคำนวณค่าเป้าหมายของการกำหนดตารางการผลิต

1. ค่าพยากรณ์ยอดขาย
2. ปริมาณการผลิตรวมของตารางการผลิตแต่ละเกรด
3. ปริมาณการเก็บสินค้าคงคลัง เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาใดๆ ของกระดาษแต่ละเกรด
4. จำนวนวันที่ผลิตกระดาษแต่ละเกรด
5. จำนวนวันรวมที่ทำการผลิตกระดาษสูงสุดในแต่ละคาบเวลา

ข้อจำกัดที่ใช้ในการกำหนดตารางการผลิต (สัญญลักษณ์ต่างๆที่ใช้ในข้อจำกัดนี้จะเหมือนกับที่ใช้ในแบบจำลองการวางแผนการผลิต)

1. $\sum_{n=1}^{N} D_{nt} <= M_t$ โดยที่ n คือ เกรดของกระดาษแต่ละเกรด

2. $I_{nt} = I_{n(t-1)} + P_{nt} - S_{nt}$

3. $P_{nt} = kD_{nt}$

ค่าเป้าหมาย (ค่าใช้จ่ายรวมของการผลิตกระดาษในแต่ละคาบเวลา)ที่เกิดขึ้นจะได้เป็น

$$\sum_{t=1}^{T} \left[\sum_{n=1}^{N} C_{np} D_{nt} + \sum_{n=1}^{N} C_1 I^{+}_{nt} + \sum_{n=1}^{N} C_2 I^{-}_{nt} \right]$$

หรือ

$$\sum_{t=1}^{T} \left[\sum_{n=1}^{N} \left[C_{np} D_{nt} + C_1 I^{+}_{nt} + C_2 I^{-}_{nt} \right] \right]$$

เมื่อ C_{np} คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตกระดาษเกรดที่ n ต่อวัน

โดยต่อไปจะนำข้อจำกัด และ ค่าเป้าหมาย มาใช้ในการออกแบบโปรแกรมต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17480840