หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

สถิติและทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์

การควบคุมสินค้าคงเหลือให้มีประสิทธิภาพ คือการจัดเตรียมสินค้าให้เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า โดยมีต้นทุนการจัดการสินค้าคงเหลือต่ำที่สุด ดังนั้น ผู้วางแผนการควบคุมสินค้าคงเหลือจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบายการสั่งสินค้าว่าควรจะสั่งสินค้าเมื่อไรและในปริมาณเท่าใด จึงจะบรรลุวัตถุประสงค์ดังกล่าว ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้แก่

1. นโยบายของกิจการ รวมทั้งวัตถุประสงค์ของฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสินค้าคงเหลือ เช่น ฝ่ายขาย ฝ่ายจัดซื้อ และฝ่ายการเงิน

2. ข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น เงินทุน สถานที่เก็บรักษาสินค้า เป็นต้น

3. ค่าใช้จ่าย ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้า ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า และค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดสินค้าขาดมือ

4. ช่วงเวลานำ (Lead Time)

5. รูปแบบของการควบคุมสินค้าคงเหลือ (Inventory Model)

6. การพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า

2.1 นโยบายของกิจการ

ในการดำเนินธุรกิจแต่ละประเภทจะมีนโยบายและวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะของประเภทธุรกิจนั้น ๆ นอกจากนั้นแล้วธุรกิจประเภทเดียวกันก็อาจจะมีนโยบายที่แตกต่างกันด้วย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อต้องการจะวางแผนการควบคุมสินค้าคงเหลือก็จะต้องพิจารณาถึงนโยบายของสายงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานของแต่ละฝ่าย และสอดคล้องกับนโยบายของกิจการนั้น ๆ สำหรับนโยบายและวัตถุประสงค์ของสายงานที่เกี่ยวข้องได้แก่

1) ฝ่ายขาย ต้องการจะจำหน่ายสินค้าให้ได้มากที่สุด ดังนั้น จึงต้องการให้มีสินค้าในสต๊อคเพียงพอกับความต้องการของลูกค้าอยู่เสมอ

2) ฝ่ายจัดซื้อ มีวัตถุประสงค์ที่จะจัดซื้อสินค้าในราคาถูก โดยจัดซื้อสินค้าในปริมาณมากเพื่อที่จะได้รับส่วนลดตามปริมาณ (Quantity Discount) และลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ซึ่งจะทำให้

ต้นทุนของสินค้านั้นมีค่าต่ำที่สุด

3) ฝ่ายการเงิน มีวัตถุประสงค์ที่จะให้กิจการได้รับผลตอบแทนสูงสุดจากเงินทุนที่มีอยู่และให้ธุรกิจมีสภาพคล่อง ดังนั้น จึงต้องการให้มีสินค้าคงเหลือพอประมาณเพราะถ้ามีอยู่ในปริมาณมากก็ต้องเสียดอกเบี้ยสูง และทำให้สูญเสียผลประโยชน์ที่ควรจะได้รับจากเงินที่ลงทุนอยู่ในสินค้าที่ยังจำหน่ายไม่ได้

จะเห็นว่า นโยบายของทั้งสามฝ่ายมีทั้งสอดคล้องและขัดแย้งกัน ดังนั้น ผู้วางแผนการควบคุมสินค้าคงเหลือจึงต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ

2.2 ข้อจำกัดต่าง ๆ ของกิจการ

ในการวางแผนการควบคุมสินค้าคงเหลือ ผู้วางแผนจำเป็นต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของกิจการด้วย เพื่อให้การวางแผนงานนั้นสอดคล้องกับสภาพของธุรกิจ ซึ่งข้อจำกัดของแต่ละกิจการก็จะแตกต่างกันไป ซึ่งได้แก่ เงินทุน สถานที่เก็บรักษาสินค้าคงเหลือ เป็นต้น

2.3 ค่าใช้จ่าย

ผู้วางแผนการควบคุมสินค้าคงเหลือมีวัตถุประสงค์ในการสั่งสินค้าที่ทำให้เสียค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง คือ

1) ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (Ordering Cost) คือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตั้งแต่เริ่มสั่งสินค้าจนได้รับสินค้านั้นเข้ามาไว้ในคลังสินค้า ได้แก่ ค่าเงินเดือนพนักงานที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการสั่งสินค้า ค่าเทเล็กซ์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการสั่งซื้อ ค่าขนส่งและค่าขนย้ายสินค้าออกจากท่าเรือ ค่าจ้างพนักงานตรวจนับสินค้าและจัดเรียงสินค้าไว้ในคลังสินค้า เป็นต้น ซึ่งค่าใช้จ่ายประเภทนี้จะคำนวณในรูปจำนวนเงินต่อการสั่งซื้อแต่ละครั้ง และจะแปรตามจำนวนครั้งของการสั่งซื้อ

2) ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า (Carrying Cost) คือค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเก็บสินค้าคงเหลือไว้จำนวนหนึ่งเพื่อให้บริการแก่ลูกค้า ซึ่งจะแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายที่จ่ายในรูปตัวเงินและค่าเสียโอกาส[1]

---

[1] G. Hadley& T.M. Whitin, Analysis of Inventory Systems (Englewood Cliffs, N.T. : Prentice-Hall, 1963. P. 13)

2.1) ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าที่จ่ายในรูปตัวเงิน (Out of Pocket Cost) ได้แก่ เงินเดือนพนักงานตรวจนับสินค้าและดูแลความเรียบร้อยในคลังสินค้า ค่าจ้างคนยาม ค่าเช่าคลังสินค้ารวมถึงค่าน้ำค่าไฟ ค่าประกันสินค้า ค่าภาษี และค่าดอกเบี้ยของสินค้าที่ยังคงค้างอยู่ในคลังสินค้า ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแปรผันกับจำนวนของสินค้าคงเหลือ นอกจากนั้นแล้วค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้ายังรวมถึงค่าเสื่อมราคา เสื่อมคุณภาพและการล้าสมัยของสินค้าอีก ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของสินค้าแต่ละชนิด

2.2) ค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ปรากฏในบัญชี แต่เกิดขึ้นจากการเสียโอกาสในการนำเงินที่ลงทุนอยู่ในสินค้าคงเหลือชนิดนั้นไปลงทุนเพื่อหาผลประโยชน์ในกิจการอื่น ๆ การประเมินค่าเสียโอกาสจะทำได้โดยการเปรียบเทียบจากอัตราค่าตอบแทนที่แตกต่างกันจากอัตราดอกเบี้ยธนาคาร

3) <u>ค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดสินค้าขาดมือ</u> (Shortage Cost) คือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อความต้องการของลูกค้ามีมากกว่าปริมาณสินค้าที่มีบริการให้แก่ลูกค้า ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กรณีคือ ค่าใช้จ่ายเมื่อลูกค้ากลับมาซื้อสินค้าชนิดนั้นอีกครั้งหนึ่ง และค่าใช้จ่ายเมื่อสูญเสียลูกค้า

3.1 ค่าใช้จ่ายเมื่อลูกค้ากลับมาซื้อสินค้านั้นอีกครั้งหนึ่ง (Backorder Cost) ในกรณีที่ผู้จำหน่ายไม่มีสินค้าบริการแก่ลูกค้า อาจจะต้องสั่งซื้อพิเศษแบบเร่งด่วนเพื่อให้ทันกับความต้องการของผู้ซื้อ หรือในกรณีที่ผู้ซื้อสามารถรอได้ ผู้ขายอาจจะให้ส่วนลดแก่ลูกค้าภายหลังจากที่สินค้ามาถึงแล้ว ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการรอคอยจนกว่าจะได้รับสินค้า

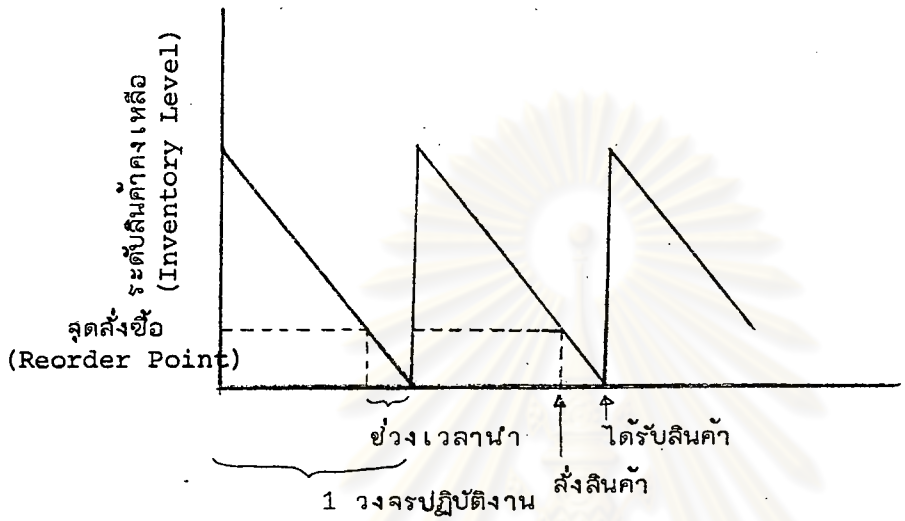
3.2 ค่าใช้จ่ายเมื่อสูญเสียลูกค้า (Lost Sales Cost) ในกรณีมีสินค้าไม่เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า ทำให้ลูกค้าไปซื้อสินค้าจากคู่แข่งหรือหาสินค้าอื่นที่สามารถทดแทนกันได้ ทำให้ผู้ขายพลาดโอกาสขายให้แก่ลูกค้ารายนั้น ซึ่งการสูญเสียลูกค้าอาจจะเป็นการสูญเสียเฉพาะความต้องการของลูกค้าในครั้งนั้น หรืออาจสูญเสียตลอดไปก็ได้ นอกจากนั้นแล้วอาจจะทำให้ลูกค้าเสื่อมความเชื่อถือในกิจการนั้น ๆ ต่อไปในอนาคตอีกด้วย

2.4 <u>ช่วงเวลานำ</u> (Lead Time)

ช่วงเวลานำคือ ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มสั่งสินค้าจนได้รับสินค้านั้น ถ้าสามารถได้รับสินค้าทันทีที่สั่งช่วงเวลานำจะมีค่าเท่ากับศูนย์ แต่ตามปกติแล้วจะต้องมีช่วงระยะเวลาหนึ่งในการจัดเตรียมสินค้าและระยะเวลาการขนส่งสินค้าซึ่งถือเป็นช่วงเวลานำ โดยเฉพาะสินค้าที่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศจะ

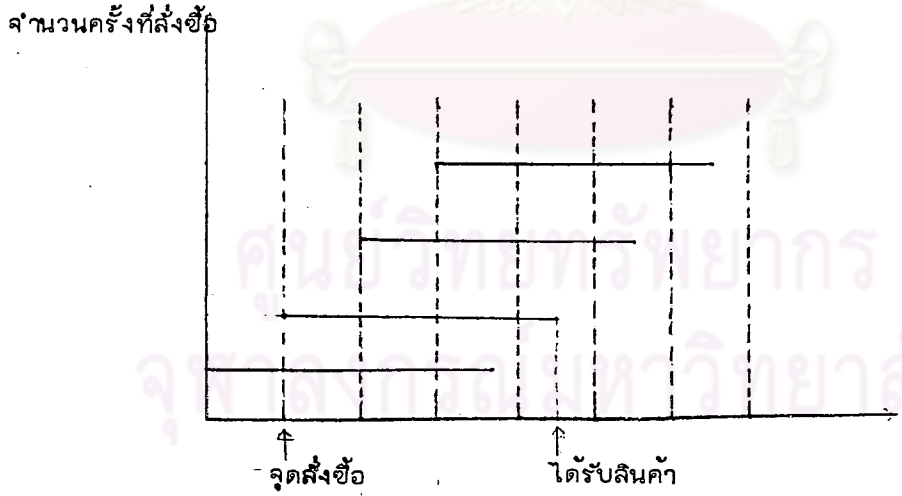
มีช่วงเวลานำเล่มอ ดังนั้น จึงแยกพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ เมื่อช่วงเวลานำสั้นกว่าวงจรปฏิบัติงาน และเมื่อช่วงเวลานำยาวกว่าวงจรปฏิบัติงาน

1) เมื่อช่วงเวลานำสั้นกว่าวงจรปฏิบัติงาน ก็จะสั่งสินค้าเพียงครั้งเดียวและสั่งสินค้าเมื่อระดับของสินค้าคงเหลือลดลงจนถึงจุดสั่งซื้อ คือเท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้าในช่วงเวลานำ



รูปที่ 2.1 แสดงจำนวนการสั่งสินค้าเมื่อช่วงเวลานำสั้นกว่า 1 วงจรปฏิบัติงาน

2) เมื่อช่วงเวลานำยาวนานกว่า 1 วงจรปฏิบัติงาน จะมีการสั่งซื้อสินค้าอย่างน้อย 1 ครั้ง



รูปที่ 2.2 แสดงจำนวนการสั่งสินค้าเมื่อช่วงเวลานำยาวกว่าวงจรปฏิบัติงาน

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าช่วงเวลานำเป็น $3\frac{1}{2}$ เท่าของระยะเวลาใน 1 วงจรปฏิบัติงาน ดังนั้น ในช่วงเวลาที่รอรับสินค้าจะต้องสั่งสินค้าจำนวน $3\frac{1}{2}$ ครั้ง คือเท่ากับปริมาณของความต้องการของลูกค้าในช่วงเวลานำ

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วจุดสั่งซื้อของกรณีนี้ คือเมื่อระดับของสินค้าในแต่ละวงจรปฏิบัติงานลดลง

เหลือเท่ากับ $\mu - mQ$

ซึ่ง μ คือ ปริมาณความต้องการของลูกค้าในช่วงเวลานำ

Q คือ ปริมาณสินค้าที่สั่งในแต่ละครั้ง

m คือ จำนวนเต็มที่ใหญ่ที่สุดที่เล็กกว่า $\frac{T_L}{T}$

T_L คือ ช่วงเวลานำ (Lead Time)

T คือ ระยะเวลาใน 1 วงจรปฏิบัติงาน

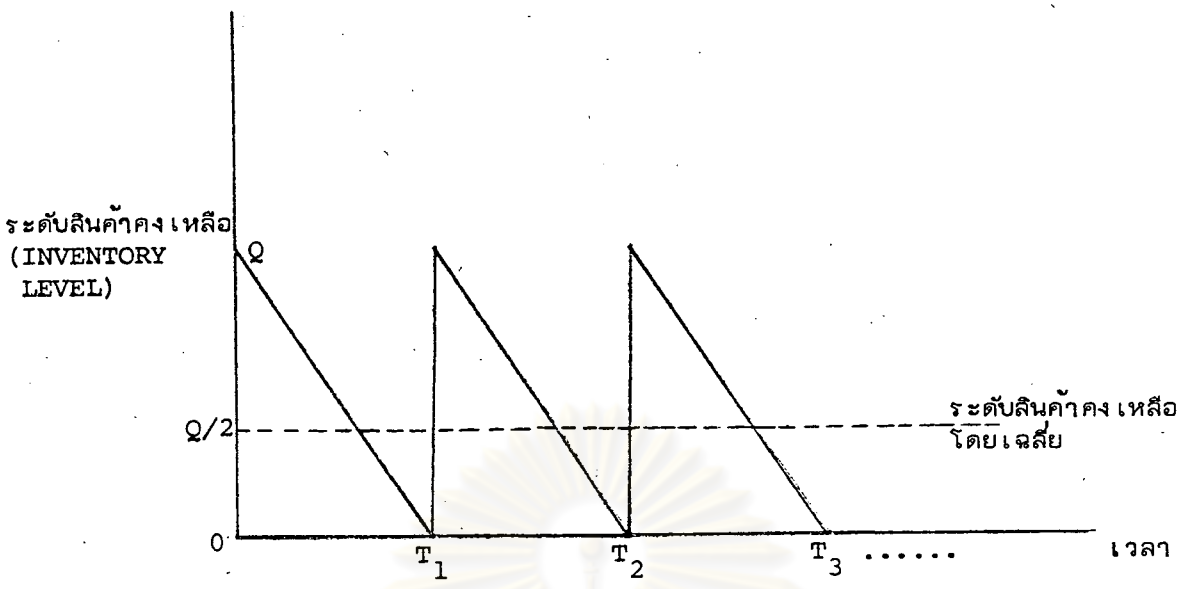
2.5 รูปแบบของการควบคุมสินค้าคงเหลือ (Inventory Model)

1) แบบจำลองการควบคุมสินค้าคงเหลือพื้นฐาน

แบบจำลองการควบคุมสินค้าคงเหลือพื้นฐาน เป็นแบบจำลองที่ง่ายที่สุดของแบบจำลองต่าง ๆ ของระบบการควบคุมสินค้าคงเหลือ ถึงแม้ว่าในสภาพความเป็นจริงลักษณะของแบบจำลองนี้จะไม่เกิดขึ้นก็ตาม แต่แบบจำลองนี้จะเป็นเบื้องต้นของการศึกษาถึงระบบควบคุมสินค้าคงเหลือในลักษณะต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

1.1 ข้อสมมติของแบบจำลอง

1. ทราบจำนวนความต้องการที่แน่นอนของลูกค้า (Deterministic Demand)
2. อัตราความต้องการของลูกค้าคงที่ มีค่าเท่ากับ D หน่วยต่อปี (หน่วยเวลาของความต้องการของลูกค้าอาจจะเป็น เดือน หรือ สัปดาห์ก็ได้)
3. ได้รับสินค้าทันทีที่สั่ง (Lead Time = 0)
4. ได้รับสินค้าครบตามปริมาณที่สั่งทุกครั้ง (Replenishment rate = ∞)
5. สั่งสินค้าเมื่อสินค้าหมดพอดี (จะไม่มีสินค้าเหลืออยู่หรือสินค้าขาดมือในขณะที่สั่งสินค้า)
6. สั่งสินค้าในปริมาณที่เท่ากันทุกครั้ง ๆ ละ Q หน่วย



รูปที่ 2.3 แสดงแบบจำลองการควบคุมสินค้าคงเหลือพื้นฐาน

จากรูปที่ 2.3 ระดับสินค้าคงเหลือสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ Q คือปริมาณสินค้าที่สั่งในแต่ละครั้งและระดับของสินค้าคงเหลือจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงศูนย์เมื่อจบวงจรปฏิบัติงานพอดี และจะเริ่มถึงจุดสูงสุดอีกครั้งหนึ่งคือได้รับสินค้าที่สั่งซื้อจำนวน Q หน่วย เมื่อเริ่มวงจรใหม่ โดยจะเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ ไป โดยที่ในแต่ละวงจรจะมีจำนวนสินค้าคงเหลือโดยเฉลี่ยเท่ากับ Q/2

1.2 การหาปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (Economic Order Quantity)

การพิจารณาว่าควรจะสั่งซื้อสินค้าเมื่อใดและในปริมาณเท่าใดที่จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด จะต้องพิจารณาจากค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องของแบบจำลองนั้น ๆ คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้า ซึ่งค่าใช้จ่ายทั้งสองนี้จะมีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ถ้าสั่งซื้อบ่อยครั้งจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสูง แต่ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาจะต่ำเพราะสั่งซื้อในปริมาณน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้าสั่งซื้อน้อยครั้งแต่สั่งซื้อในปริมาณที่มาก จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อต่ำแต่ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสูง ดังนั้น ปริมาณสินค้าที่เหมาะสมในการสั่งจึงพิจารณาจากค่าใช้จ่ายรวม ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

ค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยต่อปี = ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าเฉลี่ยต่อปี + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าโดยเฉลี่ยต่อปี

$$TC = \frac{DK}{Q} + \frac{HQ}{2}$$

เมื่อ TC คือ ค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยต่อปี

H คือ ค่าเก็บรักษาสินค้าคงเหลือ/หน่วย/หน่วยเวลา (ปี)

K คือ ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละครั้ง

$\frac{Q}{2}$ คือ ปริมาณสินค้าคงเหลือเฉลี่ยในวงจรปฏิบัติงานหนึ่ง ๆ

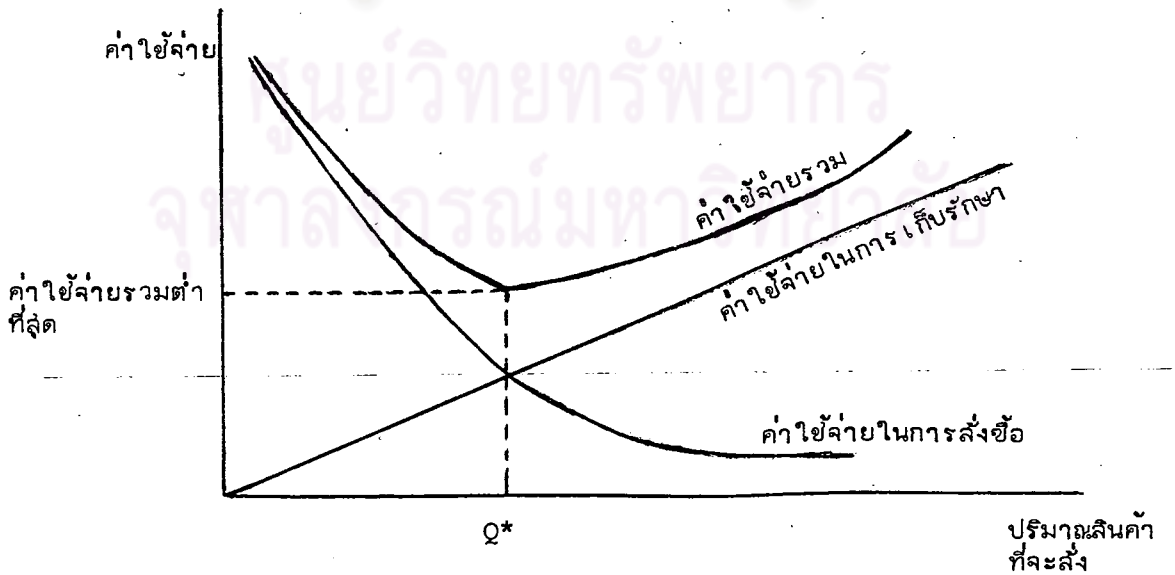
สามารถคำนวณหาปริมาณสินค้าคงเหลือที่ประหยัดที่สุดได้ โดย

$$\frac{d\ TC}{d\ Q} = \frac{d}{dQ}\left[\frac{DK}{Q} + \frac{HQ}{2}\right] = 0$$

$$Q = \sqrt{\frac{2KD}{H}} = Q^*$$

ซึ่ง Q^* คือ ปริมาณสินค้าคงเหลือที่สั่งซื้อแล้วเสียค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และจะสั่งสินค้าปริมาณ Q^* หน่วย ทุก ๆ ครั้ง เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติงานหนึ่ง ๆ

การหาปริมาณสินค้าคงเหลืออย่างประหยัด อาจจะหาได้โดยการใช้กราฟ ซึ่งจะแสดงถึงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ กับปริมาณการสั่งซื้อแต่ละครั้ง กล่าวคือถ้าสั่งซื้อสินค้าในปริมาณมากจะทำให้ค่าใช้จ่ายรวมสูง เพราะจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสูงถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายในการสั่งสินค้าต่ำ และถ้าสั่งสินค้าในปริมาณน้อยค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาจะต่ำแต่จำเป็นจะต้องสั่งสินค้าบ่อยครั้ง ซึ่งค่าใช้จ่ายในการสั่งสินค้าจะสูงทำให้ค่าใช้จ่ายรวมสูงด้วย จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายรวมเกิดจากค่าใช้จ่ายทั้ง 2 ชนิดดังกล่าวแล้วข้างต้น ซึ่งเมื่อเส้นกราฟของค่าใช้จ่ายทั้ง 2 ชนิดนี้ตัดกันจะทำให้ได้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และมีปริมาณการสั่งสินค้าคงเหลือในปริมาณ Q^* ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายต่าง ๆ กับปริมาณการสั่งสินค้า

010883

1.3 การหาจุดสั่งซื้อ (Reorder Point)

ในกรณีที่สินค้าที่สั่งไปแล้วจะต้องมีช่วงเวลาในการรอคอย ซึ่งเรียกว่าช่วงเวลานำ (Lead Time) ผู้วางแผนการควบคุมสินค้าคงเหลือจำเป็นต้องกำหนดระยะเวลาในการสั่งที่เหมาะสม เพื่อให้สินค้ามีเพียงพอและทันกับความต้องการของลูกค้า ดังนั้น แทนที่จะสั่งสินค้าเมื่อสินค้าหมดก็จะต้องสั่งสินค้าล่วงหน้า ซึ่งจะต้องทราบว่าช่วงเวลานำมีระยะเวลาเท่าใด เพื่อที่จะคำนวณปริมาณความต้องการของลูกค้าในช่วงเวลานำ และจะสั่งสินค้าเมื่อระดับของสินค้าคงเหลือลดลงจนเหลือเท่ากับปริมาณความต้องการของลูกค้าในช่วงเวลานำซึ่งคือ จุดสั่งซื้อนั่นเอง

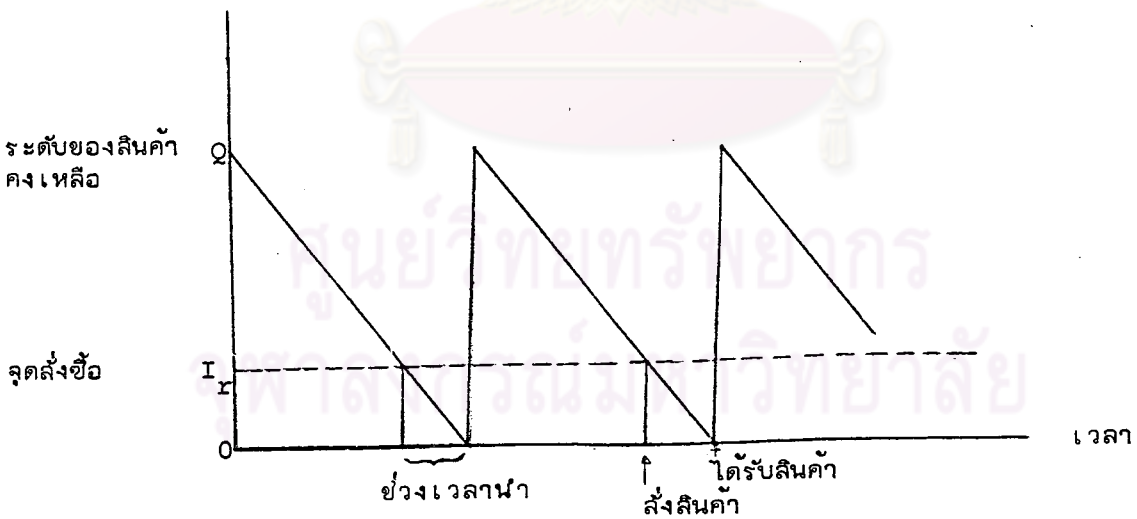
สมมติให้ T_L คือ ระยะเวลาของช่วงเวลานำ (Lead Time) มีหน่วยเป็นวัน

I_r คือ จุดสั่งซื้อสินค้า (Reorder Point)

เมื่อปริมาณความต้องการของลูกค้าเท่ากับ D หน่วยต่อปี ดังนั้น จุดสั่งซื้อของสินค้าคือ

$$I_r = \frac{T_L \times D}{365} \quad \text{(หน่วยสินค้า)}$$

นั่นคือ จะสั่งสินค้าเมื่อระดับของสินค้าคงเหลือลดลงเหลือเท่ากับ I_r หน่วย และสั่งสินค้าในปริมาณ Q* ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.5 แสดงการควบคุมสินค้าคงเหลือในกรณีที่มีช่วงเวลานำ

2) แบบจำลองการควบคุมสินค้าคงเหลือในกรณีที่ลูกค้าสามารถสั่งจองสินค้าได้

จากแบบจำลองที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มีข้อสมมติว่า มีสินค้าเพียงพอกับความต้องการของลูกค้าตลอดเวลา แต่สำหรับในกรณีนี้เกิดสินค้าขาดมือขึ้นในขณะที่มีความต้องการของลูกค้า แต่ลูกค้า

สามารถจะสั่งจองสินค้าที่ต้องการไว้ได้ และเมื่อมีสินค้ามาถึงทางผู้ขายก็จะจัดส่งให้กับผู้ซื้อที่สั่งจองไว้ทันที แล้วจึงนำสินค้าส่วนที่เหลือมาให้บริการแก่ลูกค้าอื่น ๆ ตามปกติต่อไป สินค้าบางชนิดมีค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดสินค้าขาดมือต่ำหรืออาจจะไม่มีเลย จึงไม่ควรเก็บสินค้าคงเหลือไว้มากเกินไปเพราะจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสูง แต่ถ้าค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดสินค้าขาดมือสูงก็ไม่ควรจะให้มีสินค้าขาดมือเกิดขึ้น

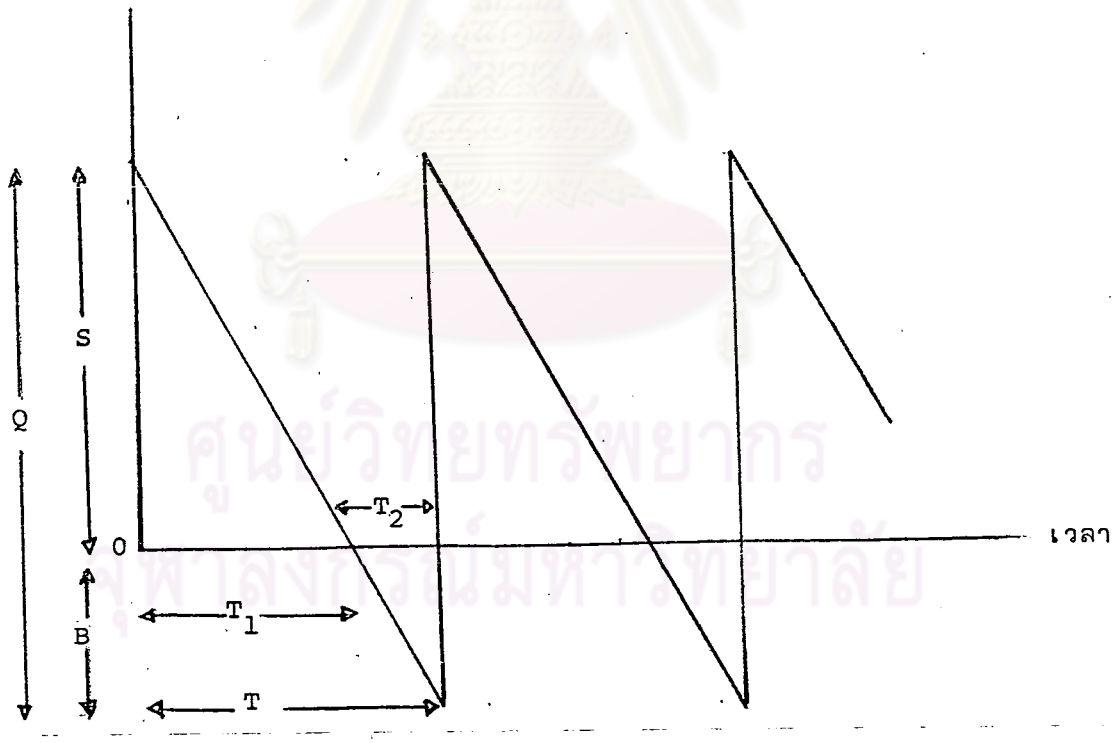
2.1) ข้อสมมติของแบบจำลอง

ข้อสมมติของแบบจำลองนี้จะเหมือนกับข้อสมมติของแบบจำลองพื้นฐาน แต่ยอมให้มีสินค้าขาดมือเกิดขึ้นได้ ให้ Q คือ ปริมาณสินค้าที่สั่งในแต่ละครั้ง

B คือ จำนวนสินค้าขาดมือที่ลูกค้าสั่งจองไว้

S คือ จำนวนสินค้าที่มีไว้บริการให้แก่ลูกค้าตามปกติ

เมื่อเริ่มต้นวงจร = (Q - B)



รูปที่ 2.6 แสดงการควบคุมสินค้าคงเหลือในกรณีที่มีสินค้าขาดมือ

โดยที่ T คือ เวลาระหว่างการได้รับสินค้าแต่ละครั้ง เท่ากับ $T_1 + T_2$

T_1 คือ เวลาที่มีสินค้าบริการให้กับลูกค้า

T_2 คือ เวลาที่เกิดสินค้าขาดมือ

P คือ ค่าใช้จ่ายเมื่อเกิดสินค้าขาดมือ ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา (ปี)

ค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยต่อปี = ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อโดยเฉลี่ย + ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาโดยเฉลี่ย + ค่าใช้จ่ายในการเกิดสินค้าขาดมือโดยเฉลี่ย

$$TC = \frac{KD}{Q} + \frac{HS^2}{2Q} + \frac{P(Q-S)^2}{2Q}$$

2.2) <u>การหาปริมาณสินค้าที่จะสั่งในกรณีที่มีสินค้าขาดมือ</u>

เราสามารถคำนวณค่า Q^* และ S^* ได้โดย

$$\frac{d\,TC}{d\,Q} = \frac{d}{dQ}\left[\frac{KD}{Q} + \frac{HS^2}{2Q} + \frac{P(Q-S)^2}{2Q}\right] = 0$$

$$\therefore\ Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{H}}\ \sqrt{\frac{P+H}{P}}$$

$$\frac{d\,TC}{d\,S} = \frac{d}{dS}\left[\frac{KD}{Q} + \frac{HS^2}{2Q} + \frac{P(Q-S)^2}{2Q}\right] = 0$$

$$\therefore\ S^* = \sqrt{\frac{2KD}{H}}\ \sqrt{\frac{P}{P+H}}$$

$$B^* = Q^* - S^*$$

ในขณะเดียวกัน เราก็สามารถหาค่า T^* และ TC^* ได้ด้วย

$$T^* = \sqrt{\frac{2K}{HD}}\ \sqrt{\frac{H+P}{P}}$$

$$TC^* = \sqrt{2KHD}\ \sqrt{\frac{P}{P+H}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3) การหาจุดสั่งซื้อในกรณีที่มีสินค้าขาดมือ

ในกรณีที่ช่วงเวลานำสั้นกว่าวงจรปฏิบัติงาน

จุดสั่งซื้อ (Ir) = ความต้องการของลูกค้าในช่วงเวลานำ - B*

ในกรณีที่ช่วงเวลานำยาวนานกว่าวงจรปฏิบัติงาน

จุดสั่งซื้อ (Ir) = ความต้องการของลูกค้าในช่วงเวลานำ - mQ* - B*

ซึ่งค่า Ir อาจจะมีค่าน้อยกว่าศูนย์ได้ ซึ่งหมายความว่าจะสั่งสินค้าเมื่อจำนวนสินค้าที่ลูกค้าสั่งจองมีค่าเท่ากับ $|Ir|$[1]

2.6 การพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า

ตามปกติแล้วความต้องการของลูกค้าจะไม่คงที่ตลอดเวลา มักจะมีแนวโน้มในลักษณะที่สูงขึ้นหรือลดลง หรืออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องพยากรณ์ยอดขายโดยใช้ข้อมูลในอดีตเป็นพื้นฐาน ซึ่งจะแนะนำวิธีการพยากรณ์เชิงปริมาณโดยใช้พฤติกรรมในอดีตเป็นเครื่องพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคต คือ 1. การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค (Classical Time Series Analysis)

2. การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดา (Simple Moving Average)

3. การเฉลี่ยเคลื่อนที่ซ้ำสองครั้ง (Double Moving Average)

1) การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค (Classical Time Series Analysis)

อนุกรมเวลา คือ ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตชุดหนึ่ง ซึ่งถูกจัดเรียงกันตามความช้าเร็วที่เกิดขึ้น โดยที่ข้อมูลเหล่านี้จะถูกเก็บมา ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่เท่า ๆ กัน เช่น ข้อมูลยอดขายรายเดือน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละปีของประเทศไทย เป็นต้น

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค เป็นการศึกษาถึงพฤติกรรมในอดีตเพื่อนำมาใช้วางแผนในอนาคตต่อไป ซึ่งการวิเคราะห์โดยวิธีนี้ได้แตกข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็นส่วนประกอบต่างๆ

---

[1] Ibid., P. 46

เพื่อให้ทราบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้มีส่วนประกอบอะไรบ้าง จากนั้นก็วัดผลอันสืบเนื่องมาจากปรากฏการณ์ของส่วนประกอบเหล่านี้ และนำเอาผลการวิเคราะห์ไปใช้เป็นเครื่องมือประกอบในการวางแผนในอนาคตต่อไป ตามปกติแล้วข้อมูลอนุกรมเวลาทางธุรกิจและเศรษฐศาสตร์จะประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ประการคือ

1. แนวโน้ม (Secular Trend, T) คือ การเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลาในช่วงเวลานาน ๆ ซึ่งอาจจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ เช่น ผลผลิตสูงขึ้นเพราะมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม อัตราการตายด้วยโรคระบาดลดลงเพราะความเจริญก้าวหน้าทางการแพทย์ เป็นต้น

2. การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Seasonal Variation, S) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่งการผันแปรตามฤดูกาลเป็นการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงขึ้นลงที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ กันจนดูเป็นแบบแผนภายในช่วงเวลาเดียวกัน เช่น ยอดขายประเภทของขวัญตามห้างสรรพสินค้าจะสูงในช่วงเดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนมกราคม ซึ่งเป็นเทศกาลปีใหม่ และจะมีลักษณะเช่นนี้ทุก ๆ ปี การที่เราสามารถวัดสภาวะของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลได้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้บริหารเป็นอย่างมากในการวางแผนล่วงหน้าเกี่ยวกับการซื้อขาย การเก็บสินค้าคงเหลือ

3. วัฏจะ (Cycle, C) เป็นการเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่มีลักษณะขึ้น ๆ ลง ๆ เป็นช่วง ๆ ซึ่งแสดงถึงความเจริญของธุรกิจและช่วงของความเสื่อม การหดตัวของธุรกิจและช่วงฟื้นฟู ซึ่งจะเห็นได้ชัดในอนุกรมเวลาทางเศรษฐศาสตร์ วัฏจะนี้อาจเกิดจากเหตุการณ์ภายนอกวงธุรกิจ เช่น สงคราม นโยบายของรัฐ การเปลี่ยนแปลงทางการเมือง ซึ่งช่วงของวัฏจะแต่ละครั้งไม่จำเป็นต้องมีรูปแบบหรือขนาดการเปลี่ยนแปลงที่เหมือนกัน

4. การรบกวนลุ่ม (Random Disturbance, I) การเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้ไม่แน่นอนและไม่สามารถจะคาดการณ์ล่วงหน้าได้ เช่น การนัดหยุดงาน การเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้มักจะเกิดขึ้นในระยะสั้น ๆ และการเปลี่ยนแปลงนี้มิได้อยู่ภายใต้กฎที่แน่นอนอย่างใดอย่างหนึ่ง มักจะเกิดขึ้นตามโอกาสหรือโดยบังเอิญ ซึ่งจะมีผลกระทบกระเทือนต่ออนุกรมเวลาไม่มากก็น้อย

ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดหนึ่ง ๆ อาจจะประกอบด้วยการเคลื่อนไหวครบทั้ง 4 แบบ หรือประกอบด้วยการเคลื่อนไหวเพียงบางชนิดก็ได้ ดังนั้น จึงต้องแยกส่วนประกอบต่าง ๆ นั้นออกจากข้อมูลเพื่อจะได้ทราบว่ามีส่วนประกอบอะไรบ้าง และมีอยู่มากน้อยเพียงไร เพื่อนำไปสู่การพยากรณ์

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ต่อไป ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ :-

1. แยกค่าแนวโน้มระยะยาวออกจากอนุกรมเวลา

2. คำนวณหาความผันแปรตามฤดูกาล ซึ่งจะวัดออกมาในรูปของดัชนีฤดูกาล เมื่อนำค่าดัชนีฤดูกาลไปหาะข้อมูลเดิมของช่วงเวลานั้น ๆ ก็จะได้ข้อมูลที่ขจัดอิทธิพลของฤดูกาลแล้ว (Deseasonalized Data) ซึ่งจะสามารถพิจารณาค่าแนวโน้มและวัฏจะได้ง่ายขึ้น

3. หาค่าวัฏจะและค่าการรบกวนสุ่ม โดยนำค่าแนวโน้มและค่าดัชนีฤดูกาลไปหารข้อมูลเดิม หรืออาจจะนำค่าแนวโน้มไปหารข้อมูลที่ขจัดอิทธิพลของฤดูกาลแล้ว (Deseasonalized Data) ก็ได้

4. แยกค่าการรบกวนสุ่มออกจากค่าวัฏจะ โดยการเฉลี่ยเคลื่อนที่

1.1) การวัดค่าแนวโน้ม

1.1.1) สาเหตุที่วัดค่าแนวโน้ม

1. เพื่อศึกษาถึงการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอนุกรมในอดีต
2. เพื่อใช้ในการประมาณแนวโน้ม เพื่อพยากรณ์การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอนุกรมเวลาในอนาคต
3. วัดแนวโน้มเพื่อหาทางกำจัดแนวโน้มนั้นออกไปจากอนุกรมเวลา เพื่อหาความเคลื่อนไหวอื่น ๆ ต่อไป เช่น วัฏจะ

1.1.2) ขนาดของข้อมูลที่ใช้

การวัดแนวโน้มต้องใช้ข้อมูลเป็นจำนวนมาก เพราะในช่วงระยะเวลายาวๆ นั้นกราฟของแนวโน้มจะไม่ถูกกระทบกระเทือนมาก โดยเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระยะสั้น ดังนั้นควรใช้ข้อมูลอย่างน้อย 15 รายการขึ้นไป และลักษณะของข้อมูลควรมีการเริ่มต้นและสิ้นสุดของวัฏจะที่เหมือนกัน คือถ้าเริ่มต้นข้อมูลในสภาพที่เสื่อมก็ควรจะสิ้นสุดข้อมูลในสภาพเสื่อมด้วย มิฉะนั้นจะทำให้กราฟของแนวโน้มสูงขึ้นกว่าเดิม

1.1.3) วิธีการวัดแนวโน้ม

การวัดแนวโน้มมีด้วยกันหลายวิธีคือ กะประมาณด้วยตา วิธีเฉลี่ยทีละครึ่ง วิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ และวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงการวัดค่าแนวโน้มโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด เพียงวิธีเดียวเท่านั้น และศึกษาถึงแนวโน้ม 3 ลักษณะ คือ

1. แนวโน้มเชิงเส้น (Linear Trend)
2. แนวโน้มพาราโบลา (Parabola Trend)

3. แนวโน้มเอกโพเนนเชียล (Exponential Trend)

1.1.3.1) <u>การสร้างสมการแนวโน้มเชิงเส้น</u> (Linear Trend)

คือการหาแนวโน้มโดยใช้สมการเชิงเส้น ถ้า Y เป็นอนุกรมเวลาในอดีต และ t เป็นเวลา ดังนั้น $\hat{Y}$ เป็นค่าพยากรณ์ของแนวโน้มอนุกรมเวลา ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นเชิงเส้นของเวลาดังนี้

$$\hat{Y} = a + bt$$

วิธีกำลังสองน้อยที่สุด คือ การหาค่า (a, b) ที่ทำให้ $\Sigma(Y-\hat{Y})^2$ มีค่าน้อยที่สุด จะทำให้ได้สมการปกติ (Normal Equation) คือ

$$Na + b\Sigma t = \Sigma y$$

$$a\Sigma t + b\Sigma t^2 = \Sigma ty$$

เมื่อ N คือจำนวนรายการของข้อมูลในอดีตของอนุกรมเวลาที่นำมาศึกษา

เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลาจะมีระยะห่างของเวลาเท่ากัน ดังนั้นถ้าเลือกจุดกึ่งกลางของเวลาเป็นจุดเริ่มต้น ก็สามารถทำให้ผลรวมของเวลา (Σt) มีค่าเท่ากับศูนย์ได้ ซึ่งค่าของ t ก่อนจุดกึ่งกลางจะเป็นลบ และค่าของ t หลังจุดกึ่งกลางจะเป็นบวก เมื่อ Σt มีค่าเป็นศูนย์จะทำให้สมการปกติข้างต้นเปลี่ยนแปลงไป คือ

$$\Sigma y = Na$$

$$\Sigma ty = b\Sigma t^2$$

จึงสามารถหาค่า a , b ได้คือ

$$a = \frac{\Sigma y}{N} \qquad (1)$$

$$b = \frac{\Sigma ty}{\Sigma t^2} \qquad (2)$$

โดยที่ t คือระยะห่างจากจุดเริ่มต้น และการปรับค่า Σt ให้เท่ากับศูนย์ทำได้ดังนี้.-

1. สำหรับอนุกรมเวลาที่ครอบคลุมงวดเวลาไว้เป็นจำนวนคี่ จะให้ t = 0 ที่จุดกึ่งกลางพอดี ดังนั้นช่วงเวลาก่อนหน้านี้จะมีค่า t เท่ากับ -1, -2, -3,..... ตามลำดับ และงวดเวลาหลังงวดนี้จะมีค่าเท่ากับ 1, 2, 3,..... ตามลำดับ โดยที่เวลาผ่านไป 1 งวด ค่าของ t

ก็จะเปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย เช่น

ปี	2523	2524	2525	2526	2527
t	-2	-1	0	1	2

2. สำหรับอนุกรมเวลาที่ครอบคลุมงวดเวลาไว้เป็นจำนวนคู่ เราจะให้จุดกึ่งกลางของอนุกรมเวลาชุดนั้นเป็นจุดเริ่มต้น และเมื่อเวลาเปลี่ยนแปลงไป 1 งวด ค่า t ก็จะเปลี่ยนแปลงไป 2 หน่วย คือ

ปี	2522	2523	2524	2525	2526	2527
t	-5	-3	-1	1	3	5

ขั้นตอนในการคำนวณหาแนวโน้มเชิงเส้น

1. สร้างตารางจัดให้มีสดมภ์สำหรับเวลา (t) ค่าของอนุกรมเวลา (y) ผลคูณ ty และ t^2 สำหรับแต่ละหน่วยเวลา

2. รวมค่าต่าง ๆ ในแต่ละสดมภ์เข้าด้วยกัน จะได้ค่า Σy, Σty, Σt^2 แล้วนำไปแทนค่าในสมการ (1) และ (2) เพื่อหาค่า a, b ในสมการของ $y = a + bt$

3. แทนค่า t สองค่า ซึ่งอยู่ห่างกันพอสมควรในสมการที่ได้จากข้อ 2 เพื่อหาค่า y 2 ค่า แล้วนำค่า t และ y 2 คู่นี้ไปกำหนดจุดบนแผ่นกราฟ เส้นตรงที่ผ่านจุดทั้งสองนี้คือ เส้นแนวโน้ม

1.1.3.2) <u>การสร้างสมการแนวโน้มพาราโบลา</u> (Parabola trend)

คือการหาแนวโน้มโดยใช้สมการโพลิโนเมียลกำลังสองซึ่งอยู่ในรูป

$$\hat{y} = a + bt + ct^2$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์ a, b และ c โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดทำให้ได้สมการปกติ 3 สมการคือ

$$Na + b\Sigma t + c\Sigma t^2 = \Sigma y$$

$$a\Sigma t + b\Sigma t^2 + c\Sigma t^3 = \Sigma ty$$

$$a\Sigma t^2 + b\Sigma t^3 + c\Sigma t^4 = \Sigma t^2 y$$

ถ้าให้ t คือ ค่า t ที่ปรับแล้วเพื่อทำให้ $t = 0$ ดังเช่นที่กล่าวแล้วในแนวโน้มเชิงเส้น ผลบวกของกำลังที่เป็นเลขคี่ของ t จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้น สมการข้างต้นจะเป็น

$$Na + c\Sigma t^2 = \Sigma y \quad (3)$$

$$b\Sigma t^2 = \Sigma ty \quad (4)$$

$$a\Sigma t^2 + c\Sigma t^4 = \Sigma t^2 y \quad (5)$$

ขั้นตอนในการคำนวณหาแนวโน้มพาราโบลา

1) คำนวณหาค่าของ b จากสมการ (4) โดยที่ $b = \frac{\Sigma ty}{\Sigma t^2}$

2) หาค่าคงที่ a และ c โดยการแทนค่า Σt^2, Σt^4, Σy, $\Sigma t^2 y$ ในสมการ (3) และ (5) เพื่อที่จะได้สมการของ $y = a + bt + ct^2$

3) แทนค่า t หลาย ๆ ค่าเพื่อหา y และวาดกราฟของแนวโน้ม

1.1.3.3 <u>การสร้างสมการแนวโน้มเอกโพเนนเชียล</u> (EXPONENTIAL TREND)

ในบางอนุกรมเวลามีแนวโน้มสูงขึ้นและลดลง แต่ไม่เป็นทั้งแบบเชิงเส้นหรือพาราโบลา และเมื่อนำข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้ไปเขียนบนกระดาษกึ่งลอการิทึม Log (Semi-logarithm scale คือแกนตั้งเป็นหน่วยของ log แกนนอนเป็นหน่วยของจำนวนเลขตามปกติ) แล้วพบว่าแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่าง log y กับ t เป็นเส้นตรง แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่าง y กับ t เป็นแบบ EXPONENTIAL คือ $y = ab^t$ และการสร้างกราฟบนกระดาษ semilog จะได้สมการเส้นตรง

$$\log y = \log a + (\log b)t \quad (10)$$

ซึ่งการคำนวณค่าก็ทำได้เช่นเดียวกับในการคำนวณหาสมการเส้นตรงโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด คือ

$$\Sigma \log y = n \log a + \log b \Sigma t \quad (11)$$

$$\Sigma t \log y = \log a \Sigma t + \log b \Sigma t^2 \quad (12)$$

แก้สมการ (11), (12) พร้อมกัน สามารถหาค่า log a และ log b หรือ a และ b ได้

1.2) การผันแปรตามฤดูกาล

1.2.1) สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เนื่องจาก

1. การเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ เช่น ผลผลิตทางการเกษตรในแต่ละเดือนในปีหนึ่ง ๆ

2. การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากมนุษย์กำหนดขึ้น เช่น เทศกาลต่าง ๆ ลักษณะของข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงตามเทศกาล เช่น การจำหน่ายสุรา สินค้าบางประเภท

1.2.2) ความสำคัญของการวัดความผันแปรตามฤดูกาล

1. เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์สำหรับการวางแผนระบบงานด้านต่าง ๆ เช่น

1.1 การจัดงบประมาณ เราอาจจะซื้อสินค้าในขณะที่ราคาต่ำไว้เป็นจำนวนมากเพื่อนำไปจำหน่ายในราคาสูง

1.2 การวางแผนและควบคุมสินค้าคงเหลือ ดัชนีฤดูกาลจะช่วยให้กะประมาณสินค้าที่เก็บไว้ไม่ให้ลัน stock ในเวลาที่ขายได้น้อย และมีเพียงพอกับความต้องการของลูกค้าในช่วงที่จะขายได้มาก

1.3 การจัดตารางการทำงานของคนงาน เพื่อให้คนงานมีงานทำอย่างสม่ำเสมอตลอดทั้งปี โดยไม่จำเป็นต้องปลดคนงานออกเมื่อมีการผลิตน้อย และไม่ต้องรับคนงานเพิ่มในกรณีมีการผลิตมาก

1.4 นโยบายด้านการโฆษณา ดัชนีฤดูกาลทำให้ทราบว่าความต้องการของลูกค้ามีมากน้อยในช่วงใด ทำให้สามารถจัดการโฆษณาสินค้าได้อย่างเหมาะสมกับช่วงเวลา เพื่อให้เป็นที่สนใจของลูกค้า

2. วัดความผันแปรตามฤดูกาลเพื่อที่จะกำจัดออกไปเสียจากข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่งจะทำให้สังเกตเห็นความเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของอนุกรมเวลาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

1.2.3) ขนาดของข้อมูลที่ใช้

ข้อมูลที่ใช้ควรจะมีอย่างน้อยที่สุดประมาณ 6-7 ปี เพื่อว่าลักษณะของ

การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลจะเด่นชัดเพียงพอที่จะหาข้อสรุปได้[1]

1.2.4) วิธีการวัดความผันแปรตามฤดูกาล

จะขอกล่าวถึงวิธีการวัดความผันแปรตามฤดูกาล 2 วิธี คือ

1. วิธีหาอัตราส่วนเทียบกับแนวโน้ม (The Ratio to Trend Method) มีขั้นตอนดังนี้

(1) ประมาณเส้นแนวโน้มและคำนวณหาค่าแนวโน้มสำหรับแต่ละเดือนของแต่ละปี

(2) กำจัดค่าแนวโน้มออก โดยนำค่าแนวโน้มของแต่ละเดือนของแต่ละปีไปหารข้อมูลเดิม และปรับหน่วยให้เป็นเปอร์เซ็นต์โดยการคูณด้วย 100

(3) กำจัดวัฏจะและการรบกวนสุ่มออกจากข้อมูลใน (2) โดยการหาค่าเฉลี่ยตามคาบ (จะเป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตหรือมัธยฐานก็ได้)

(4) เนื่องจากดัชนี (Index) ที่ได้มาแต่ละเดือนนั้นมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลรวมของดัชนีทั้ง 12 เดือนเท่ากับ 1200 ดังนั้น จึงต้องปรับตัวเลยที่ได้จาก (3) โดยนำมาคูณด้วย 1200 และหารด้วยผลรวมของค่าเฉลี่ยใน (3) ก็จะได้ค่าดัชนีฤดูกาลของแต่ละเดือน ซึ่ง

$$\text{ดัชนีฤดูกาลของเดือนที่ } i = \frac{1200 \times \text{ค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อ (3) ของเดือนที่ } i}{\text{ผลรวมของดัชนีทุก ๆ เดือน}}$$

2. วิธีหาอัตราส่วนเทียบกับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (The Ratio to Moving Average) มีขั้นตอนดังนี้

(1) แยกค่าแนวโน้มและวัฏจะออกจากข้อมูลเดิมโดยเฉลี่ยเคลื่อนที่ ซึ่งการเฉลี่ยเพื่อช่วยในการหาดัชนีฤดูกาลนั้นจำนวนระยะในการเฉลี่ยเคลื่อนที่แต่ละคราวจะเท่ากับรอบของการเกิดฤดูกาล คือถ้าเป็นข้อมูลรายเดือนก็จะเฉลี่ยครั้งละ 12 ระยะ เป็นต้น และค่าเฉลี่ยที่ได้คือค่าของแนวโน้มและวัฏจะ

(2) นำค่าที่ได้จาก (1) ไปหารข้อมูลเดิม ก็จะได้ค่าดัชนีฤดูกาล

---

[1] วิยืต หล่อจิระชุณหกุล และคณะ, เทคนิคการพยากรณ์เชิงสถิติ, หน้า 78

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รวมอยู่กับการรบกวนสุ่ม

(3) กำจัดการรบกวนสุ่มออกจากดัชนีฤดูกาล โดยการหาค่าเฉลี่ยของแต่ละคาบ (หรือของเดือนเดียวกันในแต่ละปี)

(4) ปรับค่าที่ได้จาก (3) โดยคูณด้วย 1200 และหารด้วยผลรวมของค่าเฉลี่ยใน (3) ซึ่งผลที่ได้คือดัชนีฤดูกาลของแต่ละเดือน

1.3) การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจะและการรบกวนสุ่ม

การเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนไหวเนื่องจากวัฏจะของข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นการเคลื่อนไหวขึ้น ๆ ลง ๆ ของข้อมูลระยะยาวซึ่งจะแสดงให้เห็นความรุ่งเรือง (Positive trend) และความเสื่อม (Negative trend) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามวัฏจะจะยากกว่าการวิเคราะห์หาแนวโน้มและดัชนีฤดูกาล ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลจะเกิดขึ้นคล้ายคลึงกันเสมอในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้น การคาดคะเนเหตุการณ์ล่วงหน้าจึงทำได้ดี แต่การเคลื่อนไหวของวัฏจะอาจจะไม่มีรูปแบบและช่วงเวลาที่แน่นอนในอนุกรมเวลาหนึ่ง ๆ การวิเคราะห์จึงต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากเพื่อศึกษาถึงลักษณะและช่วงของการเปลี่ยนแปลง

1.3.1) ความสำคัญของการวัดวัฏจะและการรบกวนสุ่ม

1. การวัดวัฏจะและการรบกวนสุ่ม เพื่อให้ได้รูปแบบของวัฏจะ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนล่วงหน้า เพื่อให้ธุรกิจมั่นคง

2. นักธุรกิจต้องการค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลาในระยะสั้นหรือปานกลาง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องทราบวัฏจะของธุรกิจประเภทเดียวกันหรือของตนเอง เพื่อวางแผนดำเนินกิจการต่อไป

1.3.2) วิธีการวัดวัฏจะ

มีขั้นตอนดังนี้

(1) กำจัดการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลออกจากข้อมูลเดิม

(2) เฉลี่ยเคลื่อนที่ข้อมูลที่ได้จาก (1) ซึ่งเป็นค่าแนวโน้มวัฏจะและการรบกวนสุ่ม เพื่อกำจัดอิทธิพลของการรบกวนสุ่มออกไป ทำให้เหลือเพียง 2 ปัจจัยคือ แนวโน้มและวัฏจะ

(3) กำจัดแนวโน้มออกจากข้อมูลที่ได้จาก (2) ผลที่ได้คือ วัฏจะสำหรับการเฉลี่ยเคลื่อนที่เพื่อกำจัดอิทธิพลของการรบกวนสุ่มใน (2)

นั้นอาจทำได้โดยการเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3 เดือนหรือ 5 เดือน ในบางครั้งจำเป็นต้องใช้การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักก็ได้ ซึ่งอาจจะเป็นค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่ดีกว่าค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยใช้มัชฌิมเลขคณิต เพราะเป็นการให้น้ำหนักแก่ข้อมูลที่นำมาเฉลี่ยแตกต่างกันไป โดยให้น้ำหนักแก่ข้อมูลส่วนกลางมากกว่าส่วนอื่น ๆ ซึ่งการให้น้ำหนักแก่ข้อมูลก็ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้วิเคราะห์แต่ที่นิยมใช้กันก็คือ การใช้สัมประสิทธิ์ของการกระจายแบบทวินาม (binomial weights) เช่นถ้าเฉลี่ย 3 เดือนก็ใช้น้ำหนัก $\frac{1}{4}$ (1, 2, 1) ซึ่งหมายถึงถ่วงน้ำหนักตัวแรกด้วย $\frac{1}{4}$ ตัวกลางด้วย $\frac{1}{2}$ และตัวสุดท้ายด้วย $\frac{1}{4}$

1.4) <u>การพยากรณ์</u> (Forecasting)

สำหรับการพยากรณ์ในระยะสั้นหลังจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาแล้ว ปัจจัยสำคัญที่จะมีอิทธิพลอย่างมาก คือ แนวโน้ม และดัชนีฤดูกาล ส่วนวัฏจะนั้นถ้าเป็นวัฏจะช่วงสั้น ๆ ก็นำมาคำนวณด้วย แต่การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการรบกวนสุ่มเราไม่สามารถจะคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ดังนั้น ค่าพยากรณ์สำหรับแบบแผนการคูณของเดือนที่ i คือ

$$\hat{Y}i = \hat{T}i \times \hat{S}i \times \hat{C}i$$

โดยที่ $\hat{Y}i$ เป็น ค่าพยากรณ์สำหรับเดือนที่ i

$\hat{T}i$ = ค่าประมาณของแนวโน้มของเดือนที่ i

$\hat{S}i$ = ค่าประมาณของดัชนีฤดูกาลของเดือนที่ i

$\hat{C}i$ = ค่าประมาณของวัฏจะของเดือนที่ i

2) <u>การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดา</u> (Simple Moving Average)

การเฉลี่ยเคลื่อนที่ หมายถึงการเฉลี่ยน้ำหนักของข้อมูลโดยให้น้ำหนักแก่ข้อมูลแต่ละค่าลังเกตุเท่ากันทุกเทอม

สำหรับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดามีตัวแบบเป็นตัวแบบคงที่ ซึ่งนิยามได้โดย

$$Y_t = a + \varepsilon_t$$

เมื่อ Y_t คือข้อมูลหรือค่าลังเกตุที่เวลา t

a คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนที่เวลา t

การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดานี้ ใช้ในกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะกระจายอยู่ที่ค่าค่าหนึ่งในที่นี้คือ ค่า a ในตัวแบบ เราสามารถประมาณค่า a ได้โดยการเฉลี่ยเคลื่อนที่

ให้ $\hat{a}_t$ คือ ค่าประมาณของ a

M_t คือ ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดาที่เวลา t

$\therefore$ จะได้ว่า $\hat{a}_t = M_t$

ถ้ามีข้อมูล $Y_t, Y_{t-1}, \ldots\ldots Y_{t-N+1}, Y_{t-N}, \ldots\ldots Y_2, Y_1$ และจำนวนเทอมที่ต้องการเฉลี่ยเท่ากับ N ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เมื่อเวลา t ใด ๆ จะมีค่าเท่ากับ

$$M_t = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \ldots\ldots Y_{t-N+1}}{N}$$

หรือ $$M_t = M_{t-1} + \frac{X_t - X_{t-N}}{N}$$

เมื่อได้ค่า M_t ซึ่งคือค่า $\hat{a}_t$ แล้ว เราจะนำค่านี้ไปใช้ในการพยากรณ์เหตุการณ์อีกหนึ่งหน่วยเวลาล่วงหน้า คือ $\hat{Y}_{t+1} = M_t = \hat{a}_t$

จะเห็นว่า การคำนวณค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดาเป็นเรื่องง่าย แต่ปัญหาคือควรจะกำหนดขนาดของข้อมูลในการเฉลี่ย (N) เท่าไร โดยทั่ว ๆ ไป ถ้าลักษณะของค่าสังเกตค่อนข้างจะคงที่ (Stable) ก็ควรใช้ N มาก แต่ถ้าค่าสังเกตเปลี่ยนแปลงเร็วควรจะใช้ N น้อยเพื่อให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงนั้น

นอกจากนั้น การกำหนดค่า N สามารถทำได้โดยการเลือกค่า N ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยกำลังสองของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ $\left(= \sum_{\text{ทุกค่าของ } t} (Y_t - \hat{Y}_t)^2 / \text{จำนวนเทอมของค่าความคลาดเคลื่อน}\right)$ มีค่าต่ำที่สุด

3) <u>การเฉลี่ยเคลื่อนที่ซ้ำสองครั้ง</u> (Double Moving Average)

ในบางครั้งลักษณะของข้อมูลหลายประเภทไม่คงที่ แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้นหรือต่ำลง เช่นปริมาณการขายสินค้าในแต่ละปี เป็นต้น ดังนั้นการใช้การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดาจะทำให้การพยากรณ์ผิดไปจากความเป็นจริง กล่าวคือ จะได้ค่าพยากรณ์ที่ต่ำกว่าความเป็นจริงถ้าแนวโน้มของข้อมูลสูงขึ้น และถ้าข้อมูลแนวโน้มต่ำลงก็จะได้ค่าพยากรณ์ที่สูงกว่าความเป็นจริง ดังนั้น เพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลจึงควรมีตัวแบบที่เหมาะสมที่สามารถจะใช้ตัวแบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เชิงเส้น คือ

$$Y_t = a_0 + a_1 t + \varepsilon_t$$

เมื่อ Y_t คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกตุที่เวลา t

t คือ เวลาที่ t ใด ๆ

a_0, a_1 คือ ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ

ε_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบเมื่อเวลา t

เช่นเดียวกับวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดา ซึ่งจะต้องประมาณ a_0 และ a_1 เพื่อให้ได้ค่าประมาณของ Y_t ซึ่งในกรณีนี้การคำนวณจะใช้การเฉลี่ยเคลื่อนที่ซ้ำสองครั้ง (Double Moving Average) ซึ่งนิยามได้ดังนี้

$$M_t^{(2)} = \frac{M_t + M_{t-1} \cdots\cdots + M_{t-N+1}}{N}$$

หรือ

$$M_t^{(2)} = M_{t-1}^{(2)} + \frac{M_t - M_{t-N}}{N}$$

โดยที่ $M_t^{(2)}$ = การเฉลี่ยเคลื่อนที่ซ้ำสองครั้ง

M_t = การเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดา

N = จำนวนเทอมในการเฉลี่ย

สมมติว่า กระบวนการของข้อมูลไม่มีความคลาดเคลื่อนในเวลา t ใด ๆ คือ

$$Y_t = a_0 + a_1 t$$

เราสามารถเขียน M_t และ $M_t^{(2)}$ ในเทอมของ a_0 และ a_1 ได้ คือ

$$M_t = a_0 + a_1 t - \frac{N-1}{2} a_1$$

$$M_t^{(2)} = a_0 + (t-N+1)a_1$$

จะทำให้ได้ค่าประมาณของ a_0 และ a_1 คือ

$$\hat{a}_0(t) = (2M_t - M_t^{(2)})$$

$$\hat{a}_1(t) = \frac{2}{N-1} (M_t - M_t^{(2)})$$

ดังนั้น ค่าพยากรณ์ที่เวลา t + j คือ

$$\hat{Y}_{t+j} = \hat{a}_0(t) + \hat{a}_1(t) \cdot j$$

ในการกำหนดค่า N ที่ใช้ในการเฉลี่ยก็ใช้หลักเดียวกับการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบธรรมดา คือเลือกค่า N ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์มีค่าต่ำที่สุด

4) การประมาณขอบเขตของค่าสังเกต

การประมาณขอบเขตเป็นค่าประมาณค่าพารามิเตอร์หรือค่าสังเกตในลักษณะที่บอกเป็นช่วง ๆ หนึ่งที่ครอบคลุมค่าที่เราประมาณนั้นอยู่ด้วยระดับความเชื่อมั่นระดับหนึ่ง ในบางครั้งการประมาณค่าแบบจุดซึ่งเป็นการบอกว่าค่าประมาณของพารามิเตอร์หรือค่าสังเกตนั้น ๆ มีค่าเท่าใดนั้นอาจจะเกิดการผิดพลาดขึ้นได้ ถ้าลักษณะของประชากรมีความแปรปรวนสูงและผู้วิจัยใช้ขนาดตัวอย่างไม่เพียงพอ ซึ่งการประมาณขอบเขตจะช่วยลดความผิดพลาดส่วนนี้ลงได้ ทำให้การประมาณค่ามีคุณภาพดีขึ้น

จากชุดของข้อมูลหรือค่าสังเกตที่มีอยู่เราสามารถที่จะประมาณขอบเขตที่จะครอบคลุมค่าสังเกตแต่ละค่าได้ โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของข้อมูลชุดนั้น จะได้ว่า $\bar{X} \pm t\sigma$ คือขอบเขตที่จะครอบคลุมค่าสังเกตแต่ละค่า และเรียกขอบเขตนี้ว่า "Natural Tolerances"[1] โดยที่

---

[1] Eugene L. Grant & Richard S. Leavenworth, STATISTICAL QUALITY CONTROL (INTERNATIONAL STUDENT EDITION, McGRAW-HILL, P. 322)

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย $= \frac{\sum_{i=1}^{N} X_i}{N}$; Xi คือ ค่าสังเกตที่ i

σ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน $= \sqrt{\sum_{i=1}^{N} (Xi-\bar{X})^2/N}$

t คือ ค่าที่ใช้กำหนดระดับความเชื่อมั่นของขอบเขตนั้น ๆ ซึ่งค่า t นี้จะขึ้นอยู่กับการแจกแจงความน่าจะเป็นของค่าสังเกต

การกำหนดระดับความเชื่อมั่นมากน้อยแค่ไหนนั้นจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้วิจัย ถ้ากำหนดระดับความเชื่อมั่นสูงก็จะได้ขอบเขตที่กว้าง ในทางตรงกันข้ามถ้ากำหนดระดับความเชื่อมั่นต่ำก็จะได้ขอบเขตที่แคบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 2.1 ตารางแสดงร้อยละของข้อมูลที่จะอยู่นอกขอบเขต $\bar{X} \pm t\sigma$

ขอบเขต	เมื่อการแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบปกติ	เมื่อลักษณะของข้อมูล[1] มี MODE เดียว	เมื่อไม่ทราบการแจก[2] แจงของข้อมูล
$\bar{X} \pm 2\sigma$	4.55	11.1	25.0
$\bar{X} \pm 2.5\sigma$	1.24	7.1	16.0
$\bar{X} \pm 3\sigma$	0.27	4.9	11.1
$\bar{X} \pm 3.5\sigma$	0.05	3.6	8.2
$\bar{X} \pm 4\sigma$	0.006	2.8	6.3
$\bar{X} \pm 4.5\sigma$	0.0007	2.2	4.9
$\bar{X} \pm 5\sigma$	0.00006	1.8	4.0

---

[1] เมื่อไม่ทราบการกระจายของข้อมูล แต่การกระจายของข้อมูลมีฐานนิยมเดียวและฐานนิยมมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยเลขคณิต โดยที่ความถี่ของโค้งลดลงอย่างต่อเนื่องจากฐานนิยมทั้งสองด้าน การคำนวณเปอร์เซ็นต์ของช่วงความเชื่อมั่นจะใช้อสมการของ Camp-Meidell inequality ซึ่งกล่าวว่า "ในจำนวนข้อมูลทั้งหมดมีจำนวนข้อมูลมากกว่า $100(1 - \frac{1}{2.25t^2})\%$ ที่ตกอยู่ภายในขอบเขตของการยอมรับ $\bar{X} \pm t\sigma$"

[2] เมื่อไม่ทราบการกระจายของข้อมูล จะใช้ Tchebycheff's inequality ซึ่งกล่าวว่า "ในจำนวนข้อมูลทั้งหมดมีจำนวนข้อมูลมากกว่า $1 - \frac{1}{t^2}$ ที่ตกอยู่ภายในขอบเขตของการยอมรับ $\bar{X} \pm t\sigma$; $(t \geq 1)$"