ภาคผนวก ก

เทคนิคการพยากรณ์สำหรับกรณีศึกษา

ในภาคผนวกนี้จะได้กล่าวถึง ทฤษฎีหรือรายละเอียด ของเทคนิคการพยากรณ์ที่เลือกใช้ในการพยากรณ์ยอดขายตามอนุกรมเวลากรณีศึกษา ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกเทคนิคการพยากรณ์โดยพิจารณา ความถูกต้องแม่นยำของวิธีการพยากรณ์ สำหรับการพยากรณ์ที่ครอบคลุมช่วงเวลาสั้นถึงปานกลาง ความนิยมใช้ และลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ โดยจะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อ ย่อย คือ

1. เทคนิค การทำให้เรียบ (Smoothing technique)
2. เทคนิค การกรองแบบปรับได้ (Adaptive filtering technique)
3. เทคนิค อนุกรมเวลา บอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins time series)

ในแต่ละหัวข้อย่อย จะได้กล่าวถึงทฤษฎี หรือสมมุติฐานเบื้องต้น ในการกำหนดลักษณะของแต่ละเทคนิคโดยสังเขป ตลอดจนแนวทางการพยากรณ์ ตามลำดับต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เทคนิคการทำให้เรียบ

Smoothing Technique

สำหรับเทคนิคการทำให้เรียบ ที่จะกล่าวต่อไป เราสามารถจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ประเภทแรกเรียกว่า วิธีการเฉลี่ย (averaging methods) ซึ่งหมายถึง หลักการให้ความสำคัญกับข้อมูลเท่าๆ กัน อีกประเภทหนึ่งเรียกว่า วิธียกกำลัง (exponential methods) ซึ่งจะให้ความสำคัญกับ ข้อมูลในอดีตไม่เท่ากันในแต่ละตัว โดยให้ความสำคัญมาก กับค่าของข้อมูลตัวล่าสุด และลดความสำคัญลงเรื่อย ๆ กับข้อมูลใน โดยจะมี Parameter ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 เป็นตัวกำหนดความสำคัญของข้อมูล

เทคนิคการเฉลี่ย (Averaging Techniques)

สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาชุดหนึ่ง เรามีวิธีการทำให้เรียบ (smoothing) ได้หลายวิธี ซึ่งจะกล่าวต่อไป ตามลำดับของความซับซ้อน คือ

1. ค่าเฉลี่ยอย่างง่าย (Mean or Simple averages)

เป็นวิธีการที่ทำการ เฉลี่ยค่าของอนุกรมเวลาทั้งหมดใน initializatian set สามารถ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{T} X_i}{T} = F_T(1) \qquad (ก - 1)$$

โดย $\bar{X}$, $F_T(1)$ คือ ค่าของการพยากรณ์ล่วงหน้าไป 1 ช่วงเวลา ณ เวลา T

X_i คือ ค่าของค่าสังเกตในอดีต $i = 1, 2 \ldots T$

T คือ จุดเวลาที่ใช้เป็นหลักในการพยากรณ์

แล้วใช้ค่าเฉลี่ยดังกล่าวสำหรับการพยากรณ์ ช่วง เวลา (T +1) และเมื่อ เวลา (T + 1) มาถึง ก็จะได้ค่าจริงของอนุกรมเวลา มาสามารถ คำนวณ ค่าความแตกต่างได้จาก

$$e'_{T+1} = X_{T+1} - F_T(1) \qquad (ก_2)$$

โดย e'_{T+1} คือ ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ ณ เวลา T+1

X_{T+1} คือ ค่าของข้อมูลจริง ณ เวลา T+1

และสามารถพยากรณ์ช่วงเวลา T+2 ต่อไปได้จาก

$$F_{T+1}(1) = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{T+1} X_i}{T+1} \qquad (ก - 3)$$

โดย $F_{T+1}(1)$ คือ ค่าของการพยากรณ์ล่วงหน้าไป 1 ช่วงเวลา ณ เวลา T+1

และสามารถคำนวณหาความผิดพลาด (error) ต่อไปได้ เมื่อค่าจริง ณ. เวลา T+2 คือ X_{T+2} ปรากฏ จาก

$$e_{T+2} = X_{T+2} - F_{T+1}(1) \qquad (ก - 4)$$

โดย e_{T+2} คือ ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ ณ เวลา T+2

X_{T+2} คือ ค่าของข้อมูลจริง ณ เวลา T+2

การใช้วิธีการทำให้เรียบแบบการเฉลี่ยอย่างง่าย (Simple averages หรือ mean) นี้จะใช้ได้ผลดี ต่อเมื่อ

ก) อนุกรมเวลาที่สนใจ ไม่มีลักษณะทางเดินไปในทิศทางใด ทิศทางหนึ่ง

ข) อนุกรมเวลาที่สนใจ ไม่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ซึ่งเหมาะกับข้อมูลประเภทที่ค่าค่อนข้างคงตัว (Stationary) หรือ อนุกรมเวลาดังกล่าวเกิดขึ้นรอบ ค่าคงที่ใดค่าหนึ่ง ซึ่งก็คือ mean นั่นเอง เนื่องจากค่า mean ได้มาจากข้อมูลในอดีตทั้งหมด ฉะนั้น ข้อมูลในอดีตยิ่งมากขึ้น ยิ่งทำให้ค่า mean คงตัว (stable) มากขึ้น

ในทางปฏิบัติแล้วจะใช้สูตรเพื่อหาพยากรณ์ในรูปของ recurrence form ซึ่งก็ได้มาจากสูตรข้างต้น สำหรับใช้ในการคำนวณหาค่า $F_T(1)$ ค่าการพยากรณ์ ณ. เวลา T ไปอีก 1 ช่วงเวลา

$$F_{T+1}(1) = \frac{TF_T(1) + X_{T+1}}{T+1} \qquad (ก - 5)$$

2. การเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Single Moving Averages)

วิธีการนี้เป็นการปรับปรุงการพยากรณ์จากวิธี หาค่า mean ให้ดียิ่งขึ้นจึงได้มีการใช้ข้อมูลในอดีตเพียงบางตัวเท่านั้น ไม่ใช้ค่าของ ข้อมูลในอดีตทั้งหมดเนื่องจาก คาดว่า ข้อมูลของอนุกรมเวลาตัวที่อยู่ใกล้กับค่าที่จะพยากรณ์ น่าจะมีอิทธิพลมากกว่าข้อมูลตัวที่อยู่ห่างออกไป ทุกค่าของอนุกรมเวลาที่ได้รับเข้ามาใหม่ จะมีการคำนวณ ค่าเฉลี่ย ตัวใหม่ขึ้นมา โดยทิ้งค่าของอนุกรม เวลาเดิม ที่เก่าที่สุด และเพิ่มค่าของอนุกรมเวลาตัวใหม่เข้าแทนที่ สังเกตได้ว่า จำนวนอนุกรมเวลาที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละครั้งจะคงที่ และประกอบด้วย ค่าของอนุกรม ชุด ถัดจาก ค่าที่จะพยากรณ์เสมอ

สมมุติว่า มีข้อมูลในอดีต ของอนุกรมเวลาอยู่ N ตัว เราสามารถหาค่าพยากรณ์ แบบ mean ได้ค่า $F_T(1)$ จากสูตร

$$F_T^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^{T} X_i}{N} \qquad (ก - 6)$$

แต่เมื่อได้ข้อมูล ตัวที่ T+1 เข้ามา เราก็ยังคงจากัด ข้อมูล ของเราที่จะใช้ในการพยากรณ์ตัวต่อไป ให้มีเพียง N ตัว โดยลบค่า ของข้อมูลตัวที่ 1 ทิ้ง และเพิ่ม ค่าของข้อมูลตัวที่ T+1 เข้าไปแทน ซึ่งจะได้เป็นสูตร

$$F_{T+1}^{(1)} = F_T^{(1)} + \frac{(X_{T+1} - X_{T-N+1})}{N} \qquad (ก - 7)$$

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการของการหาค่าเฉลี่ย (Simple mean) แล้ว วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average) มีลักษณะที่แตกต่างกว่า คือ

- สนใจ หรือพิจารณาเฉพาะ ข้อมูลล่าสุดที่ได้รับมา N ตัวเท่านั้น
- จานวนของ ช่วงเวลาในการปรับให้เรียบแต่ละครั้ง จะไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่า เวลาจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

แต่ก็ยังคงมีข้อควรคานึงสาหรับการใช้ คือ

- ต้องมีการเก็บข้อมูลมากกว่า เพราะ ข้อมูล ทั้ง N ตัว ล่าสุดจะต้องถูกเก็บไว้ทุกตัว ไม่สามารถเก็บเฉพาะค่า
- ยังคงไม่สามารถ พยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีทางโน้ม และฤดูกาลให้ได้ดี แม้ว่า จะทาได้ดีกว่าค่าเฉลี่ย (mean) แล้วก็ตาม
- ต้องมีการกาหนดค่า N หรือจานวนช่วงเวลาหาก กาหนดให้ ค่า N มีค่ามาก ก็จะทาให้ค่าที่ได้มีความเรียบมากเนื่องจากจะมีการขจัดความสุ่ม (randomness) ออกไปดีกว่า แต่ถ้าใช้ ค่า N ที่มีค่าน้อยแทน ก็จะทาให้ ค่าที่ได้ติดตามข้อมูลได้ดีกว่าถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น

อย่างไรก็ตามวิธีการทาให้เรียบนี้ จะเน้นหนักไปในส่วนของแบบการยกกาลัง (exponential smoothing) เนื่องจากในเกือบจะทุกกรณี การพยากรณ์แบบการทา

ให้เรียบแบบยกกำลัง (exponential smoothing) จะให้ผลการพยากรณ์ที่ดีกว่าการทำให้เรียบโดยการเฉลี่ย (averaging smoothing) เสมอ

เทคนิคการทำให้เรียบแบบยกกำลัง

Exponential Smoothing Techniques

หลักการของ การทำให้เรียบแบบยกกำลัง (Exponential Smoothing) ยึด แนวทางที่ว่า ข้อมูลตัวที่ได้รับล่าสุด น่าจะมีสาระที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์มากกว่าสาระของข้อมูลตัวที่เก่า ๆ ดังนั้น การทำให้เรียบโดยวิธีนี้จะให้น้ำหนัก (weight) กับข้อมูลในอนุกรม เวลาแต่ละตัวไม่เท่ากัน โดยจะให้น้ำหนักกับ ข้อมูลตัวล่าสุด มาก และลดลงเรื่อย ๆ ในลักษณะของการยกกำลัง(exponential) โดยมีการกำหนดค่าของน้ำหนัก เรียกว่า smoothing parameters ซึ่งมีตั้งแต่ 1 ตัวขึ้นไป ขึ้นอยู่กับแต่ละเทคนิค Parameters นี้ จะไปกำหนดน้ำหนักของข้อมูลให้เองวิธีการทำให้เรียบแบบยกกำลัง (Exponential Smoothing) แบ่งตามความซับซ้อนดังนี้

1. การทำให้เรียบแบบยกกำลังอย่างง่าย

   Single Exponential Smoothing หรือ SES

เป็นกรณีที่ง่ายที่สุด ของ การทำให้เรียบแบบยกกำลัง (Exponential Smoothing) โดยมีพื้นฐานมาจาก สมการ (ก – 7) ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่(moving average) โดยสมมุติว่า เราทราบค่าของอนุกรมเวลา ชุดล่าสุดที่ใช้เท่านั้น ฉะนั้นการที่จะกำจัด ค่าของข้อมูลตัวที่เก่าที่สุด คือ ณ. เวลา T-N+1 ไม่อาจกระทำได้โดยตรง จึงต้องมีการประมาณค่าอนุกรมเวลา ณ. จุดดังกล่าว ถ้าอนุกรมเวลาชุดนี้ คงตัว (statianary) เราจะประมาณค่าอนุกรม เวลาได้จาก $F_T(1)$ แล้วแทนที่ X_{T-N+1} ในสมการ (ก-7) จะได้สมการ (ก-8)

$$F'_{T+1}(1) = F_T(1) + \frac{X_{T+1}}{N} - \frac{F_T(1)}{N} \qquad (ก - 8)$$

$$F_{T+1}(1) = (1/N)X_{T+1} + [1-(1/N)]F_T(1)$$
$$F_T(1) = 1/N\ X_T + [1-(1/N)]F_{T-1}(1) \qquad (ก - 9)$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าพยากรณ์ $F_T(1)$ ขึ้นอยู่กับ การถ่วงน้ำหนัก ของข้อมูลตัวล่าสุด ด้วยน้ำหนัก $1/N$ กับ การถ่วงน้ำหนัก ของค่าพยากรณ์ตัวล่าสุดด้วยน้ำหนัก $[1-(1/N)]$ เมื่อ N เป็นจำนวนเต็มบวกฉะนั้น ค่าของ $1/N$ จึงอยู่ระหว่าง 0 (เมื่อ N มีค่ามหาศาล) กับ1 (เมื่อ $N = 1$) เราจะแทน $1/N$ ด้วย จะได้ สมการ (ก-9) เป็น

$$F_T(1) = \alpha X_T + (1-\alpha)F_{T-1}(1) \qquad (ก - 10)$$

ถ้าเราแทนที่ F ด้วยส่วนประกอบของมันจะได้

$$F_T(1) = \alpha X_T + (1-\alpha)[\alpha X_{T-1} + (1-\alpha)F_{T-2}(1)]$$
$$= \alpha X_T + \alpha(1-\alpha)X_{T-1} + (1-\alpha)^2 F_{T-2}(1)$$

และถ้าแทนที่ F ต่อไป เรื่อย ๆ จะได้

$$F_T(1) = \alpha X_T + \alpha(1-\alpha)X_{T-I} + \alpha(1-\alpha)^2 X_{T-2} +$$
$$\alpha(1-\alpha)^3 X_{T-3} + \ldots\ldots + \alpha(1-\alpha)^{N-1} X_{T-(N-1)} +$$
$$(1-\alpha)^N F_{T-(N-2)}(1) \qquad (ก - 11)$$

หากเราให้ค่า α = .2 จะพบว่า น้ำหนักที่ให้แก่อนุกรมเวลา คือ

X_T	X_{T-1}	X_{T-2}	X_{T-3}	X_{T-4}
น้ำหนัก .2	.16	.128	.1024	$(.2)(.8)^4$

เมื่อนำไปเขียนกราฟจะได้รูปกราฟยกกำลัง (exponential graph) ที่มีค่าลดลง ฉะนั้นโดยนัยแล้วจึงอยู่ที่ การหา α ที่จะทำให้ mean square error (MSE) มีค่าน้อย ที่สุด

นอกจากนี้ เราสามารถเขียนสมการ (ก - 10) ใหม่ ได้ออกมาเป็น

$$F_T(1) = F_{T-1}(1) + \alpha(X_T - F_{T-1}(1))$$

ซึ่งหมายถึง

$$F_T(1) = F_{T-1}(1) + \alpha(e_T) \qquad (ก -12)$$

เมื่อ e_T คือ error ณ เวลา T อาจกล่าวได้ว่า การพยากรณ์ด้วยเทคนิค SES (Single Exponential Smoothing) คือ การใช้ ค่าพยากรณ์ค่าเก่านำมาปรับด้วยค่าความผิดพลาด (error) ที่เกิดจากการพยากรณ์ นั้น ถ้าหาก เราให้ค่าของ α มีค่าใกล้ 1 ค่าพยากรณ์ที่ได้ใหม่ จะมีการปรับอย่างเต็มที่จาก error ที่เกิดขึ้นในการพยากรณ์ครั้งที่แล้ว หาก ค่าของ α เข้าใกล้ 0 ค่าพยากรณ์ใหม่ จะมีการปรับเล็กน้อย

มีจุดที่ต้องพิจารณา จุดหนึ่ง คือ การเริ่มต้นของขบวนการ SES อันได้แก่การใช้ค่าพยากรณ์ ค่าแรก คือ $F_0(1)$ เนื่องจาก

$$F_1(1) = \alpha X_1 + (1-\alpha)F_0(1)$$

ค่า $F_0(1)$ นั้นไม่สามารถหาได้ เราจะประมาณโดยการใช้ ค่าของอนุกรมเวลา ค่าแรก (X_1) เป็นค่าพยากรณ์ ค่าแรก $F_0(1) = X_1$ จึงจะสามารถใช้สมการดังกล่าวได้ หรืออาจจะใช้การหาค่าเฉลี่ย ของอนุกรมเวลา 4 - 5 ค่าแรกมาเป็นค่าพยากรณ์เริ่มต้นก็ได้

ปัญหาหนึ่งของการใช้เทคนิค SES ก็คือ การกำหนด ค่า α เป็นการยากที่จะสามารถหาที่ดีที่สุด (optimal) โดยทำให้ mean square error (MSE) มีค่าต่ำสุด ซึ่งกระทำโดย การทดลองไปเรื่อย จนกว่าจะพบ โดย เลือก α ขึ้นมา แล้วก็หาค่า MSE แล้วก็เลือก α ขึ้นมาใหม่เพื่อคำนวน MSE ใหม่ แล้วจึงนำ MSE ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหา α ที่ให้ MSE ที่ให้ MSE น้อยที่สุด นอกจากนี้จุดด้อยของ SES ยังอยู่ที่ ช่วงเวลาของการพยากรณ์ สามารถกระทำได้ 1 ช่วงเวลาล่วงหน้า

2 วิธีการทำให้เรียบสองครั้งตามแบบของบราวน์

Double Exponential Smoothing : Brown's Method

สืบเนื่องมาจาก การปรับให้เรียบไม่ว่าจะปรับให้เรียบชั้นเดียว (Single smoothing) หรือปรับให้เรียบสองครั้ง (Double smoothing) หากว่าข้อมูลอนุกรมเวลา ชุดนั้นมีทางโน้มร่วมอยู่ด้วยแล้ว จะทำให้เกิดช่วงห่าง (Lag) ขึ้น มาจากค่าการพยากรณ์ โดยแก้ไขไม่ได้ หากเรานำเอาผลต่างระหว่าง การปรับให้เรียบครั้งแรกกับการปรับให้เรียบครั้งที่สองมาบวกกับค่าการปรับให้เรียบครั้งแรก และมีการปรับปรุงด้วย ก็จะทำให้สามารถนำเอาวิธีการ ของการปรับให้เรียบมาพยากรณ์ อนุกรมเวลาที่มี ทางโน้มได้

วิธีการของบราวน์ (Brown's method) เป็นวิธีการหนึ่งของการทำให้เรียบ (Exponential Smoothing) จะพยายามคิดตามอนุกรมเวลาที่มีทางโน้ม โดย พิจารณาสมการข้างล่าง

$$S'_T = \alpha X_T + (1-\alpha)S'_{T-1} \qquad (ก - 13)$$

เมื่อ S'_T เป็น ค่าการปรับให้เรียบครั้งแรก

Single exponential smoothed value

ณ เวลา T

$$S''_T = \alpha S'_T + (1-\alpha) S''_{T-1} \qquad (ก - 14)$$

เมื่อ S''_T เป็น ค่าการปรับให้เรียบครั้งที่สอง

double exponential Smoothed Value

ณ เวลา T

ให้ $$a_T = S'_T + (S'_T - S''_T) = 2S'_T - S''_T \qquad (ก - 15)$$

$$b_T = \frac{\alpha}{1-\alpha}(S'_T - S''_T) \qquad (ก - 16)$$

$$F_T(m) = a_T + b_T m \qquad (ก - 17)$$

เมื่อ m เป็น จำนวนช่วงเวลาล่วงหน้า ที่จะทำการพยากรณ์

เช่นเดียวกับการปรับให้เรียบแบบชั้นเดียว (Single Exponential Smoothing การที่จะใช้สมการ (ก-13) , (ก-14) จะพบว่า ที่ S'_{T-1} และ S''_{T-1} เมื่อ T = 1 นั้นไม่สามารถหาค่าได้ วิธีการที่จะแก้ปัญหาอย่างง่าย ก็คือให้ S'_T และ S''_T มีค่าเท่ากับ X_T หรือให้เท่ากับค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่อยู่ใกล้เคียงกับจุด เริ่มต้นก็ได้ การหนดค่าเริ่มต้น นี้เป็นปัญหากับ วิธีการของการทำให้เรียบแบบยกกำลัง (exponential smoothing) ทุกวิธีถ้า α มีค่าไม่เข้าใกล้ 0 ผลกระทบของ การเริ่มต้นขบวนการ ก็จะมีค่าไม่มาก แล้วลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเวลา

ผ่านไป แต่ถ้า α มีค่าใกล้ 0 การเริ่มขบวนการจะส่งผลกระทบไปอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่าเวลา จะผ่านไปหลายช่วงแล้วก็ตาม

3. วิธีทำให้เรียบสองครั้งแบบของโฮลท์

Double Exponential Smoothing : Holts' method

สำหรับวิธีการทำให้เรียบสองครั้งแบบของโฮลท์ (Holt's Exponential SmooMthing) นั้นก็คล้ายคลึง กับวิธีการ ของบราวน์ (Brown's Exponential Smoothing) ต่างกันแต่เพียงวิธีการ ของ Holt มีการปรับให้เรียบสำหรับทางโน้ม โดยเฉพาะ ซึ่งจะมีผลให้ติดตามทางโนมีได้ดีขึ้น โดยแยกการปรับให้เรียบของทางโนมีออกมาต่างหาก และใช้ parameter คนละตัว กับสมการเดิม ฉะนั้นโดยวิธีการของ Holt จึงทำให้มีค่าคงที่ 2 ตัว คือ α และ β ซึ่งก็มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 และมี 3 สมการ

$$S_T = \alpha X'_T + (1-\alpha)(S_{T-1} + b_{T-1}) \qquad (ก - 18)$$

$$b_T = \beta(S_T - S_{T-1}) + (1-\beta)b_{T-1} \qquad (ก - 19)$$

$$F_T(m) = S_T + b_T m \qquad (ก - 20)$$

เมื่อ S_T เป็นค่าของการปรับให้เรียบ ณ เวลา T

b_T เป็นค่าการปรับให้เรียบสำหรับทางโน้ม ณ เวลา T

F_T เป็นค่าการพยากรณ์ ณ เวลา T

m เป็นจำนวนช่วงเวลาล่วงหน้าที่จะทำการพยากรณ์

สมการ (ก-18) จะทำการปรับค่า S_T สำหรับทางโน้มด้วย โดยการ

พิจารณาค่า b_{T-1} รวมกับค่าสุดท้ายของการปรับให้เรียบ S_{T-1} ซึ่งจะทำให้ ค่า S_T ใช้เป็นฐานสำหรับ ค่าปัจจุบันได้ ส่วนสมการ (ก-19) จะทำการ update ทางโน้ม เนื่องจากมีการพิจารณา ค่าของการปรับให้เรียบสองครั้งสุดท้าย ซึ่งเป็นเรื่องที่เหมาะสมเพราะหากว่ามีทางโน้มวิวัฒนาการเวลาแล้ว ค่าใหม่จะต้องไม่มากกว่าก็ น้อยกว่าค่าเดิม และเนื่องจากอาจจะมี ผลกระทบเชิงสุ่มคงเหลือ จึงต้องมีการปรับให้เรียบด้วย β (Beta) สำหรับทางโนมีในช่วงท้ายสุด ($S'_T - S'_{T-1}$) และบวกด้วย ผลคูณระหว่าง ($1-\beta$) กับประมาณทางโนมีตัวก่อน ซึ่งก็คล้ายกับการปรับให้เรียบธรรมดา เพียงแต่สมการ (ก-19) นำมาใช้กับทางโน้ม และในสมการ (ก-20) ใช้สำหรับพยากรณ์ล่วงหน้าไป m หน่วยเวลา โดย ทางโนมี b_T จะถูกคูณด้วย จำนวนช่วงเวลาคือ m และนำมาบวกกับค่าประมาณของปัจจุบัน คือ S_T

การกำหนดจุดเริ่มแรกของสมการ สำหรับวิธีการ ของ Holt นั้นจะมีอยู่ 2 ตัวคือ สำหรับการปรับให้เรียบของ S_1 และ ของทางโนมี b_1 สำหรับ S_1 นั้นสามารถกำหนดให้เท่ากับ X_1 ได้สำหรับทางโนมีนั้น เราสามารถประมาณได้โดยการหาผลต่างระหว่างช่วงเวลา ซึ่งอาจจะเป็น

$$b_1 = x_2 - x_1$$

หรือ

$$b_1 = \frac{(x_2-x_1) + (x_3-x_2) + (x_4-x_3)}{3}$$

ซึ่งพอใช้ประมาณได้สำหรับการเริ่มต้นขบวนการ

4. วิธีการทำให้เรียบสามสมการแบบวินเตอร์

Triple Exponential Smoothing : Winters' method

(Three parameter trend and Seasanality method)

ในการปรับให้เรียบไม่ว่าจะใช้วิธีการของการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving

average) หรือ ของการทำให้เรียบแบบยกกำลัง (exponential smoothing) เท่าที่ได้กล่าวมาแล้วก็ตามจะพบว่าสามารถใช้ได้ เฉพาะกับข้อมูลประเภทคงตัว (stationary) หรือ ไม่คงตัว (nonstationary) ที่ไม่มีอิทพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องเท่านั้น หากอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องแล้ว การพยากรณ์ด้วย วิธีต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้นมักจะให้ผลการพยากรณ์ ที่ไม่น่าพอใจ

วิธีการปรับให้เรียบ โดยใช้เทคนิค ของ Winter เป็นการปรับปรุงเพื่อให้สามารถพยากรณ์อนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลของฤดูกาล ได้อย่างถูกต้องมากขึ้นโดยมีสมการที่เกี่ยวข้อง คือ

$$S'_T = \frac{\alpha X_T}{I'_{T-L}} + (1-\alpha)(S'_{T-1} + b'_{T-1}) \qquad (ก - 21)$$

$$b_T = \gamma(S_T - S_{T-1}) + (1-\gamma)b_{T-1} \qquad (ก - 22)$$

$$I_T = \frac{\beta X'_T}{S'_T} + (1-\beta)I'_{T-L} \qquad (ก - 23)$$

$$F_T(m) = (S_T + b'_T m)I_{T-L+m} \qquad (ก - 24)$$

เมื่อ L คือ ช่วงของการครบรอบฤดูกาล

b คือ ส่วนประกอบทางโน้ม

I คือ ดัชนีฤดูกาล

ในสมการ (ก-23) จะพบว่าการหาดัชนีฤดูกาล กระทำโดยใช้อัตราส่วนระหว่าง อนุกรมเวลาปัจจุบัน X_T หารด้วย ค่าที่ปรับให้เรียบแล้ว ณ. เวลาเดียวกัน S_T ถ้าหาก X_T มีค่ามากกว่า S'_T อัตราส่วนนี้จะมีค่ามากกว่า 1 ในขณะที่

ถ้ามีค่าเล็กกว่า S_T ค่าของอัตราส่วนนี้จะมีค่าน้อยกว่า 1 และเนื่องจาก S_T คือ ค่าที่ได้รับการปรับให้เรียบมาแล้ว ซึ่งจะขจัดอิทธิพลของฤดูกาลออกไป แล้วในตัวในขณะที่ถ้าอนุกรมเวลาชุดนี้ มีฤดูด้วย ค่าของ X_T จะประกอบด้วยอิทธิพลฤดูกาล ฉะนั้น อัตราส่วนระหว่าง X_T และ S_T จึงใช้เป็นดัชนีฤดูกาล แต่เนื่องจาก X_T ก็อาจประกอบด้วย ค่าผิดปกติเชิงสุ่ม (randomness) ฉะนั้นจึงควรมีการปรับให้เรียบด้วย โดยสมการ (ก-23) จะถ่วงน้ำหนักค่าดัชนีฤดูกาล ตัวใหม่ ด้วย parameter γ และถ่วงน้ำหนักดัชนีตัวสุดท้ายที่มีอยู่ก่อนตัวใหม่ นี้ (ดัชนีฤดูกาลตัวก่อนสำหรับช่วงเวลานี้ คือ คำนวณเมื่อช่วงเวลา T-L เมื่อ L คือ คาบของฤดูกาล) ด้วย $(1-\gamma)$

สำหรับสมการ (ก-22) ก็ใช้แนวความคิดเช่นเดียวกับ วิธีการของ Holt ในสมการที่ (ก-19) ในการปรับทางในมีให้เรียบ สำหรับสมการที่ (ก-21)จะแตกต่างจากสมการ (ก-18) ในวิธีการ ของ Holt ตรงที่เทอมแรกของสมการจะถูกหารด้วย ดัชนีฤดูกาล I_{T-L} เพื่อเป็นการขจัดอิทธิพลฤดูกาลที่มีผลกระทบ ต่อ X_T ออก (deseasonalize) เหตุที่ต้องมีการปรับกรณีนี้ก็เนื่องจาก เมื่อพิจารณา กรณีที่ I_{T-L} มีค่ามากกว่า 1 ซึ่งจะเกิดได้ก็ต่อเมื่อ ค่าที่เวลา T-L มากกว่า ค่าเฉลี่ยในคาบของฤดูกาลการหาร X ด้วยตัวเลขที่ใหญ่กว่า 1 จะทำให้ได้ค่าใหม่ที่มีค่าน้อยกว่าเดิมเป็นสัดส่วนกับ อิทพลฤดูกาลที่ช่วงเวลา T-L ที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยนั้น และในทางตรงกันข้าม สำหรับกรณีที่ ดัชนีฤดูกาลมีค่าน้อยกว่า 1

ปัญหาอันหนึ่งสำหรับวิธีการของ Winter คือการกำหนดค่า α γ และ δ ซึ่งจะทำให้ MSE (mean squared error) หรือ MAPE (mean absolute percentage error) มีค่าต่ำสุด ซึ่งโดยทั่วไปต้องใช้วิธีกำหนดค่า ของแต่ละค่ามาเพื่อดู MSE หรือ MAPE เปรียบเทียบกัน

การกรองแบบปรับได้.

(Adaptive Filtering Technique)

การพยากรณ์แบบการกรองแบบปรับได้ เป็นการพยากรณ์ อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งมีแนวความคิดที่ว่าพฤติกรรมในอดีต ของสิ่งที่จะพยากรณ์มีสาระเพียงพอ ที่จะพยากรณ์พฤติกรรมในอนาคตของมันเองได้ โดยมีแนวความคิดว่า การพยากรณ์กระทำโดยใช้ค่าผลรวมของการถ่วงน้ำหนักค่าสังเกตในอดีต โดยสามารถเขียนได้ในรูปของ

$$F_T(1) = \sum_{i=1}^{N} W_i X_{T-i+1}$$

หรือ

$$F_T(1) = W_1X_T + W_2X_{T-1} + W_3X_{T-2} + \ldots + W_NX_{T-N+1} \quad (ก-25)$$

เมื่อ

T คือ คาบเวลาที่เท่ากับ $1, 2, 3, \ldots$

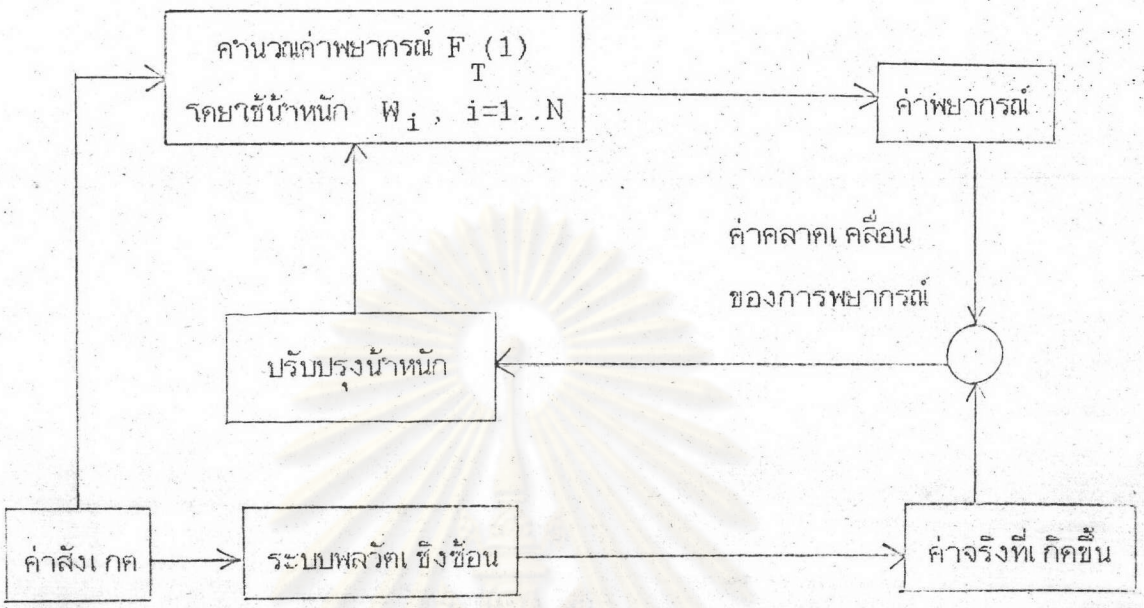
$F_T(1)$ คือ ค่าพยากรณ์สำหรับคาบที่ $T+1$ เมื่อ $T=N, N+1 \ldots$

W_i คือ ค่าถ่วงน้ำหนักที่สมนัยกับค่าที่เกิดขึ้นจริงที่คาบเวลา $T-i+1$ เมื่อ $i = 1, 2, \ldots N$

X_T คือ ค่าที่เกิดขึ้นจริงที่คาบเวลา T

N คือ จำนวนตัวถ่วงน้ำหนัก

สำหรับวิธีการปรับให้เรียบ ที่ได้กล่าวมาแล้วไม่ว่าจะโดยวิธีใด ก็จะประกอบด้วย กฎเกณฑ์ในการกำหนดค่าของน้ำหนัก ที่จะใช้ถ่วง โดยพยากรณ์แบบเฉลี่ยเคลื่อนที่เราใช้ค่าถ่วงน้ำหนักทุกตัวเป็นค่าคงที่เท่ากันโดยให้เท่ากับ $1/N$ สำหรับเทคนิคการทำให้เรียบแบบยกกำลัง (exponential) ก็จะหาค่าคงที่หรือตัวอื่นอีก ที่เหมาะสม (ระหว่าง o ถึง 1) เพื่อกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักอีกที่หนึ่ง แต่สำหรับวิธีการกรองแบบปรับได้จะมีการกำหนด ชุด ของน้ำหนักเช่นเดียวกัน แต่จะมีการค้นหาชุดของน้ำหนักที่ดีที่สุด เพื่อที่จะได้เข้าใจแนวความคิดนี้ พิจารณารูปที่ ก.1



รูปที่ ก-1

แสดงแนวความคิดของการพยากรณ์แบบการกรองแบบปรับได้

บรรทัดสุดท้ายในรูป ก-1 แสดงให้เห็นเหตุการณ์ในโลกของความเป็นจริงซึ่งมีผลสืบเนื่องมาจาก ระบบพลวัตซับซ้อน (Complex Dynamic System) ได้ก่อให้เกิดค่าจริงขึ้นกับสิ่งที่เราสนใจอยู่ ซึ่งจะมีการบันทึกค่าต่าง ๆ เหล่านี้ไว้จากค่าจริงที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ผ่านมา เพื่อจะนำเอาข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการคำนวนหาค่าพยากรณ์ $F_T(1)$ สิ่งที่อยู่เหนือจากบรรทัดล่างขึ้นไปเป็นขบวนการสำหรับการคำนวณหาค่าพยากรณ์ โดยจะมีการกำหนด ชุดของน้ำหนักที่จะใช้ถ่วง (set of weights) และใช้ชุดของน้ำหนักนี้ ทำการคำนวณหาค่าพยากรณ์ ($W_1, W_2, \ldots, W_N$) โดย

$$F_T(1) = W_1 X_T + W_2 X_{T-1} + \ldots + W_N X_{T-N+1}$$

และจะคำนวณค่าความผิดพลาด (error) e_{T+1} และใช้ค่าความผิดพลาดนี้ไปปรับชุดของน้ำหนัก เพื่อลดค่าความผิดพลาดนั้นลง โดยเราสามารถลดค่าความผิดพลาดลงได้ จนถึงระดับต่ำกว่าเดิม เป็นขบวนการที่มีการปรับค่า parameter ของขบวนการเองโดย

(1) ถ้าหาก $\sum_{i=N+1}^{T} e_i^2$ มีค่าน้อยเราก็จะใช้ชุดของน้ำหนัก $W_1 \ldots W_N$ มาหาการพยากรณ์ $F_T(1)$ โดยใช้สมการ (ก - 25) ซึ่งปกติ $\sum_{i=N+1}^{T} e_i^2$ ที่ได้ในรอบแรกนี้มักจะยังคงสูงอยู่ และจะลดลงเรื่อย ๆ ในรอบต่อ ๆ ไป

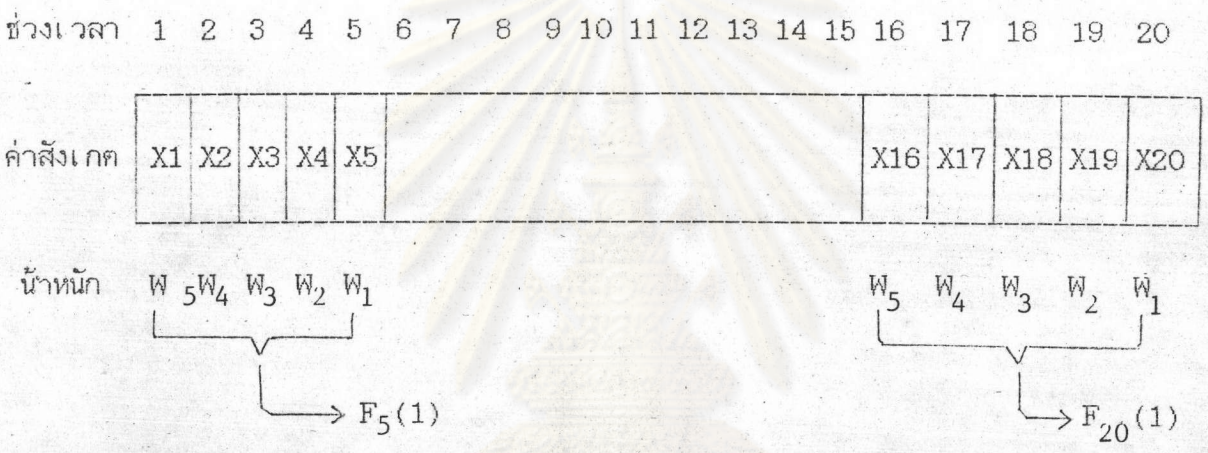
(2) หาก $\sum_{i=N+1}^{T} e_i^2$ มีค่ามาก เราจะนำชุดของน้ำหนัก $W_1, W_2, \ldots W_N$ ชุดสุดท้ายมาเป็นค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มหา $F_N(1)$ ใหม่ แล้วหาค่า e_{T+1} เพื่อปรับปรุง ชุดของค่าถ่วงน้ำหนัก ทำต่อไปจนกระทั่งได้ $W_1, W_2, \ldots, W_N$ ที่ใช้หาค่าพยากรณ์ $F_T(1)$ ต่อจากนั้นก็นำกลับไปทำตามข้อ (1) ทำซ้ำหลาย ๆ รอบ จนกระทั่ง $\sum_{i=N+1}^{T} e_i^2$ ลดลงในอัตราที่น้อยมากแสดงว่า $W_1, W_2, \ldots W_N$ สู่เข้าหาค่า $W_1, W_2, \ldots W_N$ ชุดที่เป็นชุดดีที่สุด (Optimal) แล้ว

(3) เมื่อได้ค่าถ่วงน้ำหนักชุดดีที่สุด $W_1, W_2, \ldots W_N$ แล้วก็นำมาพยากรณ์ $F_T(1)$ ตามสมการ (ก-25) โดยทิ้งค่า $X_1, X_2 \ldots X_{T-N}$ ไม่ต้องบันทึกไว้อีก

(4) เมื่อทราบค่าที่เกิดขึ้นจริง X_{T+1} ก็จะปรับค่า $W_1, W_2, \ldots W_N$ ใหม่ และตัดค่า X_{T-N+1} ทิ้ง และหาค่าพยากรณ์สำหรับคาบเวลาที่ T+2 จาก

$$F_{T+1}(1) = W_1 X_{T+1} + W_2 X_T + \ldots + W_N X_{T-N+2}$$

เพื่อจะได้เข้าใจในแนวความคิดของการปรับชุดค่าถ่วงน้ำหนัก ขอให้พิจารณารูป ก-2 ซึ่งเป็นตัวอย่าง โดยกำหนดให้ชุดของน้ำหนัก มี 5 ตัว โดยมีข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีต 20 ข้อมูล ในขั้นแรกจะมีการพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาที่ 6 $F_0(6)$ โดยถ่วงน้ำหนักอนุกรมเวลา 5 ค่าแรก



รูป ก-2

แสดงแนวความคิดของการปรับชุดค่าถ่วงน้ำหนัก

$$(F_0(6) = F_5(1) = W_1X_5 + W_2X_4 + W_3X_3 + W_4X_2 + W_5X_1)$$

จากนั้นจะคำนวณค่าความผิดพลาด สำหรับช่วงเวลาที่ 6 $X_6 - F_5(1)$ จากค่าที่ได้จริงกับค่าที่เกิดจากการพยากรณ์ และมีการปรับชุดของน้ำหนัก เพื่อนำไปใช้พยากรณ์ในช่วงเวลาที่ 7 และก็เหมือนกับการกับการปรับให้เรียบแบบเฉลี่ยเคลื่อนที่ก็จะมีการทิ้งค่าของอนุกรมเวลาเก่า และใช้ค่าอนุกรมเวลาใหม่แทน จนกระทั่งเหลือ

ค่าของอนุกรมเวลา 5 ตัวสุดท้าย ซึ่งจะใช้ในการ คำนวณค่าพยากรณ์สำหรับช่วงเวลาที่ 21 และต่อไปก็จะรอจนกระทั่งค่าจริงของช่วงเวลาที่ 21 เกิดขึ้นจึงจะนำค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นเพื่อไปปรับปรุงชุดของน้ำหนักสำหรับการคำนวณหาค่าพยากรณ์ต่อไป.

หากเราใช้ $W_1, W_2 \ldots W_5$ ชุดสุดท้ายนี้ไปเป็นชุดเริ่มต้นของรอบที่ 2 เพื่อพยากรณ์ $F_0(6)$ ก็จะได้ $W_1, W_2 \ldots W_5$ ชุดใหม่ในการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 21 ในรอบที่ 2 ถ้าเขาทำซ้ำ ๆ กันไปจนถึงรอบที่ K จะเป็นค่าที่ทำพยากรณ์ดีขึ้นเรื่อย ๆ และค่าของ $W_1, W_2 \ldots W_5$ จะลู่เข้า (ให้ค่าพยากรณ์ดีขึ้นเรื่อย ๆ เฉพาะค่าของ $W_1, W_2 \ldots W_5$ จะลู่เข้า (Converge) เข้าหาค่า W_1^* , W_2^* , W_3^* , W_4^* , W_5^* ซึ่งเป็นชุดที่ดีที่สุด โดยจะให้ผลรวมของกำลังสองของค่าความผิดพลาดมีค่าต่ำสุด. (minimum sum square of error)

การปรับค่าของตัวถ่วงน้ำหนักตามวิธีการของการพยากรณ์แบบการกรองแบบปรับได้ อาศัยแนวความคิดของ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า กล่าวคือ

$$W'_i = W_i + 2ke_{T+1}X_{T-i+1} \qquad (ก-26)$$

เมื่อ $i = 1, 2, \ldots N$

$T = N+1, N+2, \ldots n$

w'_i = ค่าถ่วงน้ำหนักตัวที่ i ซึ่งได้ปรับค่าแล้ว

w_i = ค่าถ่วงน้ำหนักตัวที่ i ก่อนการปรับค่า

k = ค่าคงที่ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า learning constant

e_{T+1} = ค่าความผิดพลาดของค่าพยากรณ์สำหรับคาบเวลาที่ T+1

X_{T-i+1} = ค่าที่เกิดขึ้นจริงที่คาบเวลา $T - i + 1$

ในสมการ (ก-26) จะเห็นว่าการปรับชุดของน้ำหนักจะได้มาจาก

ชุดของน้ำหนักชุดเก่า บวกด้วยเทอมซึ่งปรับปรุงจากค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ขบวนการปรับปรุงสำหรับน้ำหนักแต่ละตัวขึ้นอยู่กับค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์นั้น, ค่าของอนุกรมเวลาจริง และค่าของค่าการเรียนรู้คงที่ (leaning constant k) ซึ่งค่า k จะเป็นตัวที่กำหนดว่าจะมีการปรับค่าของน้ำหนักให้เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วเพียงใด

จะสังเกตุเห็นได้ว่า สิ่งสำคัญสำหรับการใช้วิธีการกรองแบบปรับได้ในการพยากรณ์ ก็คือ ความสามารถในการปรับน้ำหนักที่ใช้ถ่วง เพื่อที่จะคิดตามลักษณะของข้อมูลที่มีมากมายหลายแบบ เพื่อจะทำการ minimize ค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้น และนอกเหนือไปจากนี้ คือ การใช้ข้อมูลซึ่งสำหรับวิธีการนี้แล้ว ข้อมูลที่มีจำนวนน้อยก็ยัง สามารถนำไปใช้ได้

ปัญหาที่เกิดขึ้นในทางปฏิบัติอย่างหนึ่ง ก็คือ ค่าของ parameter k ซึ่งเป็นตัวกำหนดความรวดเร็วในการปรับตัวสำหรับน้ำหนักถ่วง ค่า k นั้นสามารถกำหนดได้หลายค่า และให้ผลลัพธ์ในการคำนวณต่างกัน ถ้าให้ k มีค่ามากเกินไป จะทำให้การปรับค่า W_i ไม่ลู่เข้า (diverge) ทำให้ไม่ได้ค่า W_i ที่เหมาะสม แต่ถ้าให้ค่า k น้อยเกินไป จำนวนรอบที่ใช้จนกว่าจะได้ค่า W_i ชุดที่ต้องการก็จะมาก

จากผลการศึกษาของ Makridakis และ Wheelwright พบว่าอัตราการลู่เข้า จะสูงขึ้น ถ้าปรับปรุง สมการ (ก-26) ซึ่งใช้ในการปรับค่าถ่วงน้ำหนักใหม่ดังนี้

$$W'_i = W_i + 2ke^*_{T+1} X^*_{T-i+1} \qquad (ก-27)$$

เมื่อ e^*_{T+1} และ X^*_{T-i+1} เป็นค่าที่ปรับใหม่ของ e และ x ตามลำดับ คือ

$$e^*_{T+1} = \frac{e_{T+1}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} X^2_{T-i+1}}}$$

$$x^*_{T-i+1} = \frac{x'_{T-i+1}}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} X^2_{T-i+1}}{N}}}$$

และในกรณีนี้ค่าของ k ที่เหมาะสมจะมีค่าประมาณ 1/N โดยค่าของ N ตามปกติจะใช้เพียง 2 หรือ 3 นอกจากนี้ลักษณะของข้อมูลจะมีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ในกรณีนี้ ก็อาจใช้ค่า N ตามคาบของฤดูกาลได้

จุดเด่นของการพยากรณ์แบบการกรองแบบปรับได้ คือ

1. กระบวนการเข้าใจง่าย

2. เมื่อได้ค่าตัวถ่วงน้ำหนักชุดสุดท้าย (ซึ่งเป็นค่าถ่วงน้ำหนักอุตุตมะหรือใกล้อุตุตมะ) แล้ว เราจะใช้ค่าถ่วงน้ำหนักชุดนี้ หาค่า พยากรณ์ $F'_T(1)$ เมื่อถึงคาบเวลา T+1 และเราต้องการหาค่าพยากรณ์สำหรับคาบเวลา T+2 ($F'_{T+1}(1)$) ก็สามารถทำได้โดยใช้ค่า x_{T+1} มาหาค่า e_{T+1} แล้วใช้สมการทั้งหมดที่กล่าว มาข้างต้นมาปรับ ค่าถ่วงน้ำหนักใหม่ แล้วใช้ค่าที่ปรับใหม่ ไปคำนวณหา ค่าพยากรณ์ $F'_{T+1}(1)$ ต่อไป

3. ผู้ทำการพยากรณ์ สามารถใช้ประสบการณ์ในการกำหนดจำนวนตัวถ่วง น้ำหนักค่าเริ่มต้นของตัวถ่วงน้ำหนัก และค่า learning constant k ได้ ทำให้สามารถลดจำนวนรอบการคำนวณลงได้

4. โดยทั่วไปการพยากรณ์แบบกรองปรับได้ จะใช้ได้กับการพยากรณ์ในระยะปานกลางด้วย

เทคนิค BOX-JENKINS

(BOX-JENKINS Technique)

เทคนิคที่ได้กล่าวแล้วข้างต้นทั้งหมด มักจะมีข้อสมมุติเบื้องต้นบางประการเกี่ยวกับลักษณะของข้อมูล (basic underlying pattern) ซึ่งจะพิจารณาได้จากข้อมูลในอดีตที่มีอยู่ โดยมีค่ารบกวนเชิงสุ่ม (randomness) รวมอยู่ด้วย ฉะนั้นการกำหนดรูปแบบของลักษณะข้อมูลจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อจะทำการเลือกเทคนิคต่าง ๆที่มีอยู่ให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล เพื่อเป็นฐานในการพยากรณ์ แต่สำหรับ สถานะการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงแล้วจะพบว่า รูปแบบหรือลักษณะของข้อมูลมักจะมีหลายลักษณะผสมปนเปกันไป เทคนิคต่างๆ ที่จะใช้พยากรณ์ข้อมูลที่ซับซ้อนดังกล่าวได้ จึงต้องมีความสามารถ และสลับซ้อนสูงขึ้นเพื่อสามารถพยากรณ์ให้ได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

เทคนิคการพยากรณ์แบบ BOX-JENKINS เป็นเทคนิคการพยากรณ์แบบที่เหมาะสมแบบหนึ่งสำหรับการพยากรณ์ อนุกรมเวลาที่มีความสลับซ้อน และมีความหลากหลายในรูปลักษณะ ซึ่งถือเป็นจุดเด่นของเทคนิคนี้ แต่เนื่องจากความสามารถในการพิจารณาอนุกรมเวลาที่สลับซับซ้อนได้ จึงทำให้ เทคนิคนี้สลับซับซ้อน และยากแก่การเข้าใจตามไปด้วย นอกเหนือไปจากนี้ ต้นทุนของการพยากรณ์โดยเทคนิคของ BOX-JENKINS จะสูงกว่าหากเทียบกับวิธีการพยากรณ์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด แต่ก็มีความถูกต้องมากกว่ามาทดแทน

การพยากรณ์แบบ BOX-JENKINS จะมีเทคนิคที่แตกต่างจากการพยากรณ์แบบอื่น กล่าวคือ ในขณะที่การพยากรณ์ที่ได้กล่าวมาแล้ว จะถูกจำกัดหรือถูกกำหนดด้วยรูปลักษณะของข้อมูล เช่น การพยากรณ์แบบ Exponential Smoothing จะมีพื้นฐานอยู่ตรงจุดที่ข้อมูลนั้นจะต้องมีลักษณะคงที่ (Horizontal Pattern) การพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย ผู้ที่จะทำการพยากรณ์จะต้องระบุถึง ลักษณะของความสัมพันธ์ที่เป็นอยู่ แต่ในวิธีการ ของ BOX-JENKINS ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องกำหนดรูปลักษณะของข้อมูลในขั้นต้นเลย เมื่อทำการเริ่มต้นขบวนการ เทคนิคนี้จะให้ข้อมูลอย่างชัดเจนเพื่อ ทำการเลือกลักษณะที่คาดว่าข้อมูลควรจะมี มีการให้ข้อมูลเป็นแนวทางในการระบุรูปลักษณะ โดยมี

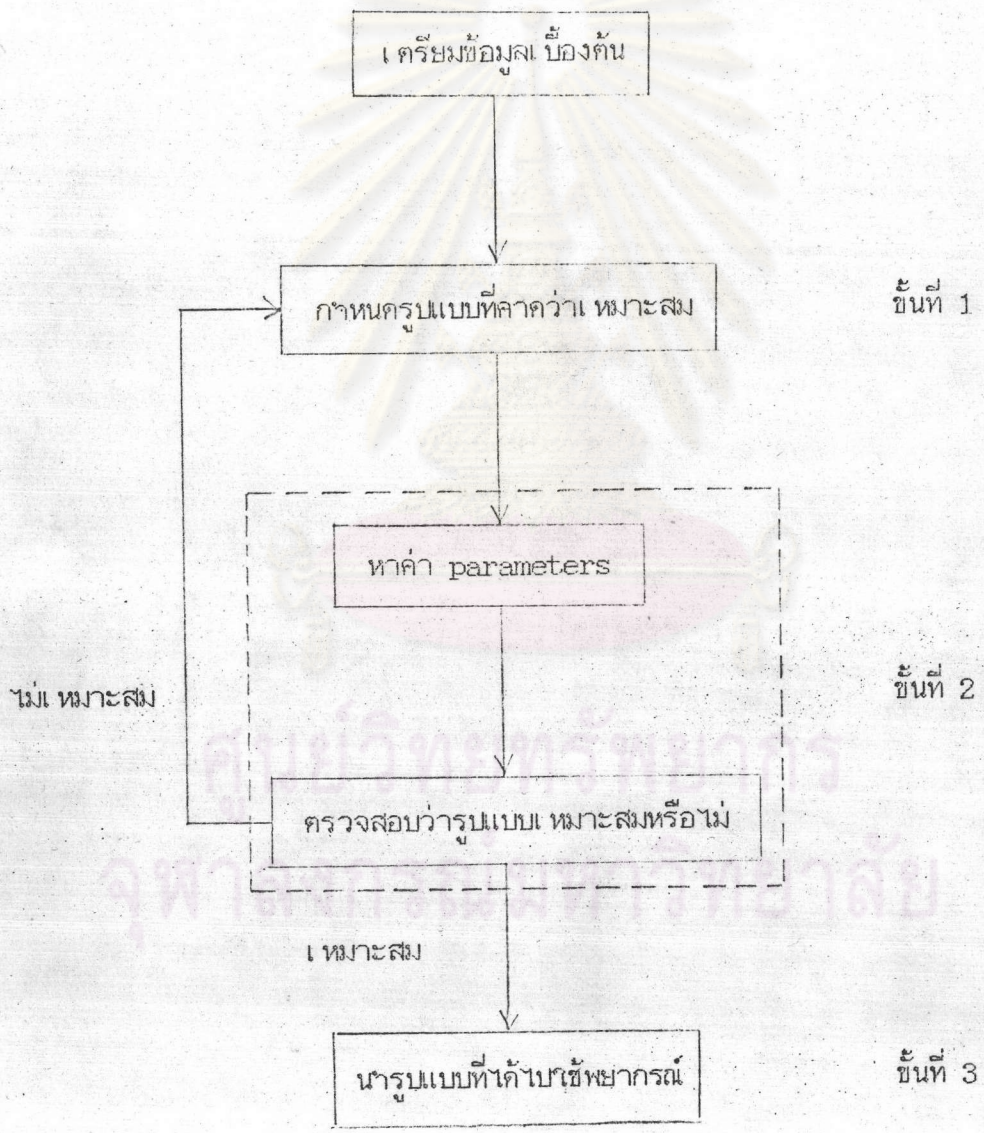
จุดมุ่งหมาย อยู่ที่เลือกรูปลักษณะ ที่จะทำให้ลดค่าความแตกต่างลง ให้น้อยที่สุดนอกเหนือไป จากนี้เทคนิคนี้ยังให้ ข้อมูลทางด้านสถิติด้วย ซึ่งกลายเป็นวิธีการเชิงสถิติ ที่สามารถ บอกขอบเขตความเชื่อมั่นได้

เพื่อที่จะอธิบายขบวนการของเทคนิคนี้ได้ง่ายขึ้น ขอให้พิจารณารูป ก-3 George Box และ Gwilyn Jenkins ได้พัฒนาเทคนิคนี้ขึ้นมา โดยแบ่งขั้นตอนการ ดำเนินงานออกเป็น 3 ขั้น โดยเริ่มต้นจากขบวนการเริ่มต้นโดยทั่วๆ ไป เพื่อหาข้อมูล จากอนุกรมเวลา จากนั้นก็มาสู่ขั้นตอนที่ 1 โดยกำหนดหรือระบุ รูปแบบ (model) ที่คาดว่าเหมาะสม ในขั้นตอนที่ 2 จะทำการพิจารณา รูปแบบที่ได้เลือกในขั้นที่ 1 โดย พิจารณากับข้อมูลจริง ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ถ้าเห็นว่ารูปแบบที่เลือกไม่เหมาะสม ก็กลับ ไปขั้นตอนที่ 1 อีก และเลือกรูปแบบอื่นที่เป็นไปได้เข้ามาแทน จนได้รูปแบบที่เหมาะสมสำหรับ ขั้นตอนสุดท้าย คือ ขั้นตอนที่ 3 จะมีการนำเอารูปแบบไปใช้เพื่อการพยากรณ์ในอนาคตต่อไป

การที่จะเข้าใจ และสามารถใช้เทคนิคของ BOX-JENKINS ได้สิ่งหนึ่งที่จะ ต้องเข้าใจก่อนคือ เรื่อง สหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation) ซึ่งจะมี ความสำคัญมากในการระบุหรือกำหนด รูปลักษณะ ซึ่งใช้อธิบายข้อมูลที่สนใจอยู่ได้แนวความ คิดในเรื่อง สหสัมพันธ์ในตัวเองนี้ ก็คล้ายคลึงกับ เรื่อง สหสัมพันธ์ (Correlation) ซึ่งหมายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดย สหสัมพันธ์จะเป็นเครื่องชี้หรืออธิบาย ว่าหาก ตัวแปรตัวหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้ตัวแปรอีกตัวหนึ่งถูกกระทบอย่างไรบ้าง องศาของสหสัมพันธ์ ถูกวัดด้วย สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง +1 และ -1 หากค่าของ สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ ใกล้ +1 มีความ หมายว่า ตัวแปรทั้ง 2 ตัวมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก คือ หากค่าของตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง เพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็จะมีแนวโน้มที่จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และในทำนองเดียวกัน หากค่า สัมประสิทธิสหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ในทางลบ คือ การเพิ่มขึ้น ของตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง จะมีความสัมพันธ์กับ การลดลงของตัวหนึ่ง ถ้าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ มีค่า 0 ก็แสดงว่าตัวแปรอีกตัว มีความเป็นอิสระกันในเชิงสถิติ (Statistically Independent) กล่าวคือ ไม่ว่าตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร จะไม่มี

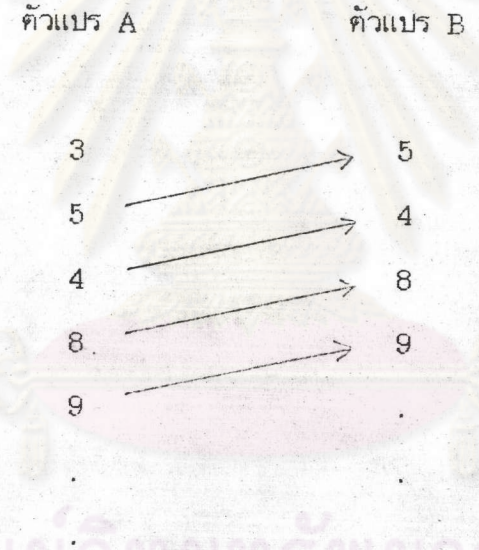
รูปที่ ก-3

แสดงขั้นตอนการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Box-Jenkins



การเปลี่ยนแปลงอย่างใดเกิดขึ้นกับตัวแปรอีกตัวหนึ่ง

สำหรับสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ ในตัวเอง (Autocorrelation Coefficient) ก็มีความหมายคล้ายกับ สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ จะแตกต่างกันอยู่เพียงใช้อธิบายถึงความสัมพันธ์ ของค่าของตัวแปร เพียงตัวเดียวแต่ต่างช่วงเวลากัน เพื่อง่ายต่อการเข้าใจพิจารณารูป ก-4 โดยเรามีค่าของตัวแปร A ณ. ช่วงเวลาต่างๆกันอยู่ เราจะสร้างตัวแปร B ที่มี เวลาเริ่มต้นต่างไปจากตัวแปร A เช่น ละทิ้งค่าแรกของตัวแปร A และให้ค่าที่ 2 ของตัวแปร A เป็นค่าเริ่มต้น ของตัวแปร B



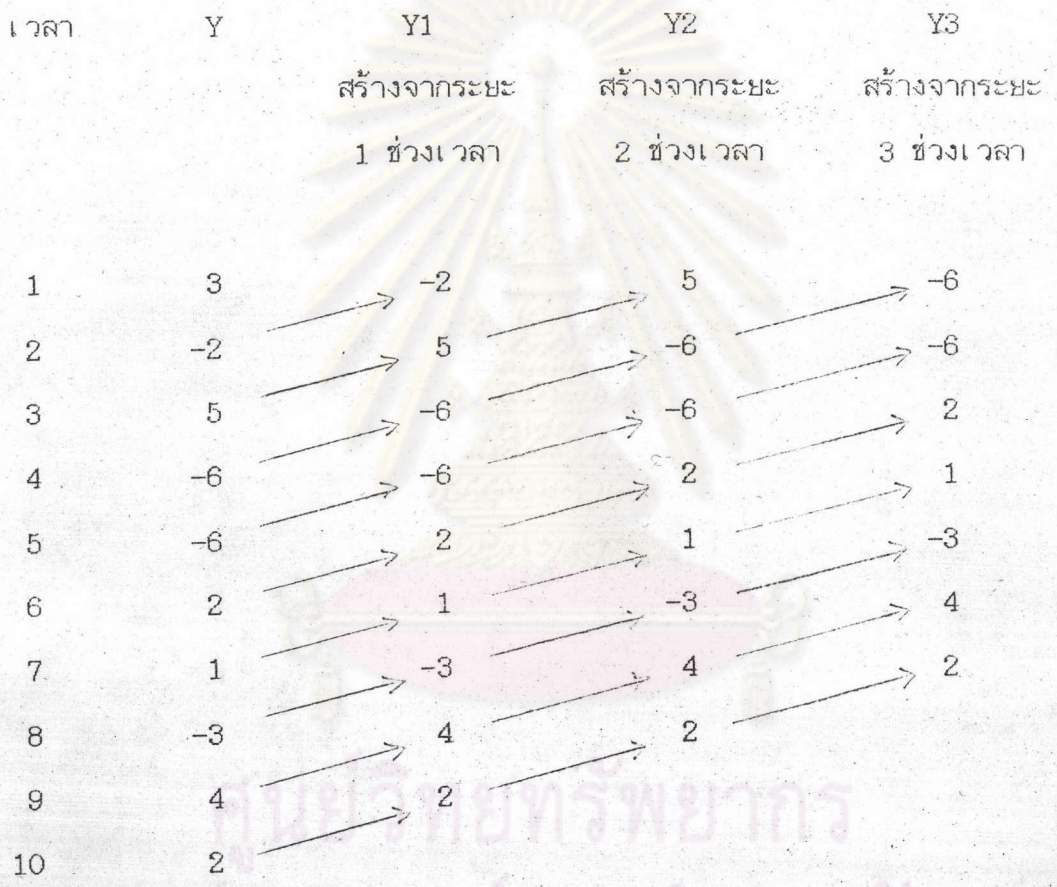
รูป ก-4

แสดงค่าของตัวแปรเดียวกันแต่ต่างช่วงเวลา

จะเห็นได้ว่าเราสามารถมองตัวแปร A และ B แยกออกจากกันได้แม้ว่าจะมาจากชุดของข้อมูลชุดเดียวกัน โดยวิธีการเดียวกัน เราสามารถสร้างตัวแปรใหม่ได้ดังรูป ก-5 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ตัวแปร Y1 ก็คือตัวแปร Y

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ก-5
แสดงการสร้างตัวแปรที่ต่างช่วงเวลา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ยกเว้นเฉพาะตัวแปร Y1 เริ่มต้นด้วยค่าที่สองของตัวแปร Y (-2) เช่นเดียวกันตัวแปร Y2 จะเริ่มต้นด้วย ค่าที่สามของตัวแปร Y (5) ด้วยวิธีการเช่นนี้เราสามารถสร้าง Y3 ด้วยค่าเริ่มต้นที่เป็นค่าที่สี่ของตัวแปร Y และตัวแปร Y อื่นๆ เรื่อยไป หากตัวแปร Y ประกอบด้วยค่าจำนวนอัตตะ (Finite) และ Y1 เริ่มต้นด้วยค่าที่ 2 ของตัวแปร Y ดังนั้น ค่าสุดท้ายของ Y1 จะไม่มี สำหรับตัวแปร Y2 จะพบว่า 2 ค่าสุดท้าย ก็จะหายไป และเป็นเช่นนี้สำหรับตัวแปรอื่นๆ หานองเดียวกันทุกตัว เราสามารถพิจารณา ตัวแปร Y และตัวแปร Y1 เป็นตัวแปร 2 ตัว และสามารถคำนวณหาสัมประสิทธิสหสัมพันธ์ได้ , ตัวแปร Y และตัวแปร Y2 ก็สามารถพิจารณาเป็นตัวแปร 2 ตัวได้ , ตัวแปร Y และตัวแปร y3 ก็ถือเป็นตัวแปร 2 ตัวได้ และ เช่นเดียวกันกับตัวแปรอื่น สำหรับแต่ละชุดของตัวแปรที่นำไปหาค่าสัมประสิทธิสัมพันธ์ เช่น Y และ Y1 เราสามารถพิจารณาได้เป็น สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ ของ Y และ ค่าที่ตามมาของตัวมันเอง 1 ช่วงเวลา (Time Lag) เช่นเดียวกัน สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ระหว่าง Y และ Y2 จะบอกถึงความสัมพันธ์ของค่า Y ที่ตามมันมา 2 ช่วงเวลา และเนื่องจาก Y1,Y2,Y3..... ถูกสร้างขึ้นมาจาก ตัวแปร Y เราจึงเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า Autocorrelation ฉนั้น Autocorrelation คือ การวัด ความสัมพันธ์ ของค่าที่ตามมาจากตัวแปรตัวเดียวกันเอง

Autocorrelations มีความสำคัญมากในการช่วยสำหรับ กำหนดลักษณะของข้อมูลที่เราสนใจอยู่ หากข้อมูลที่เราสนใจอยู่ประกอบด้วย ค่าที่มาจากการสุ่มอย่างสมบูรณ์ (completely random) Autocorrelation สำหรับช่วงเวลาที่ตามมา จะมีค่าเข้าใกล้ หรือเท่ากับ 0 แต่ถ้าข้อมูลประกอบด้วยอิทธิพลของฤดูกาล หรืออิทธิพลของวัฏจะ จะพบว่า สหสัมพันธ์ในตัวเองที่ช่วงเวลาสูง เช่น lag 12 จะมีค่าสูงมาก จึงเห็นได้ชัดว่าก่อนที่เราจะใช้ เทคนิคของ BOX-JENKINS เราไม่มีความจำเป็นที่จะต้องรู้อะไรเกี่ยวกับลักษณะของข้อมูลเลย เนื่องจากการหาสหสัมพันธ์ในตัวเองไม่มีความจำเป็นต้องใช้ข้อมูลในด้านนั้น สัมประสิทธิสหสัมพันธ์จะช่วยให้เรากำหนดรูปลักษณะของข้อมูลที่คาดว่าน่าจะถูกต้อง ได้เป็นอย่างดี

เทคนิคของ BOX-JENKINS จะพิจารณาสหสัมพันธ์ในตัวเองและมีการสร้างรูปแบบ (model) ขึ้นมา โดยเรียกชื่อเฉพาะว่า ARMA (Autoregressive - Moving Average) สำหรับชุดของข้อมูล ซึ่งในที่นี้จะขอหลีกเลี่ยงการพิสูจน์และการอ้างคณิตศาสตร์ชั้นสูง ในการแสดงที่มาของรูปแบบ ARMA แต่จะอธิบายเฉพาะเท่าที่จำเป็นเพื่อนำเอาวิธีการดังกล่าวไปใช้เท่านั้น โดยรูปแบบ ARMA ดังกล่าวจะแบ่งได้ออกเป็น 3 แบบ คือ

1. Autoregressive Model (AR)

ซึ่งสามารถเขียนได้อยู่ในรูป

$$Y_T = \phi_1 Y_{T-1} + \phi_2 Y_{T-2} + \phi_3 Y_{T-3} + \cdots + \phi_p Y_{T-p} + e_T \qquad (ก-28)$$

เมื่อ Y_T คือตัวแปรตาม (Dependent Variable)

$Y_{T-1}, Y_{T-2}, Y_{T-3} \cdots Y_{T-p}$ คือตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ตัวแปรอิสระทั้งหมด Y_{T-1} , Y_{T-2} ..... Y_{T-p} เป็นค่าของตัวแปรตัวเดียวกัน แต่ในช่วงเวลาที่ต่างกัน (T-1, T-2, T-3... T-P) และเทอมสุดท้าย e_T คือ Error Term ซึ่งแทนค่ารบกวนสุ่ม ที่ไม่อาจอธิบายหรือพยากรณ์ได้โดย model

รูปแบบจำลองนี้ เรียกว่าแบบ Autoregressive เนื่องจากมีลักษณะคล้ายสมการถดถอย (Regression Equation)

$$Y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + \cdots + b_p x_p + e$$

โดยที่ $X_1 = Y_{T-1}$, $X_2 = Y_{T-2}$, $X_3 = Y_{T-3}$, ... , $X_p = Y_{T-p}$

และตัวแปรอิสระคือ ค่าที่ห่างกันเป็นช่วงเวลา (Time Lags) 1,2,3,....p ช่วงใน Autoregressive model แต่เนื่องจากข้อมูลที่ศึกษาอยู่ไม่ได้มีรูปแบบเป็น Autoregressive model ทั้งหมด ดังนั้นถึงต้องพิจารณารูปแบบอื่นด้วย

2. Moving Average Model (MA)

สามารถเขียนได้ในรูป

$$Y_T = e_T - \theta_1 e_{T-1} - \theta_2 e_{T-2} - \cdots - \theta_q e_{T-q} \qquad (\text{ก-29})$$

เช่นเดียวกับรูปแบบ Autoregressive e_T คือ error term และ $e_{T-1}, e_{T-2}, e_{T-3} \cdots e_{T-q}$ คือ ค่ารบกวนสำหรับช่วงเวลาก่อนๆ สมการ (ก-29) คล้ายกับ สมการ (ก-28) แต่มีความหมายว่า ตัวแปรไม่อิสระ Y_T ขึ้นอยู่กับค่ารบกวน ที่ได้เกิดขึ้นในอดีต ($e_T, e_{T-1} \cdots e_{T-q}$) มากกว่าขึ้นอยู่กับของตัวมันเอง เช่น รูปแบบ Antoregressive

3. รูปแบบผสมของ 2 แบบแรก (ARMA)

สามารถเขียนได้อยู่ในรูป

$$Y_T = \phi_1 Y_{T-1} + \phi_2 Y_{T-2} + \cdots + \phi_p Y_{T-p} + e_T - \theta_1 e_{T-1} - \theta_2 e_{T-2} - \cdots - \theta_q e_{T-q} \qquad (\text{ก-30})$$

ซึ่งสังเกตได้โดยชัดเจนว่า เป็นการรวมกันของสมการ (ก-28) และ (ก-29) อย่างธรรมดา แสดงให้เห็นถึงค่าในอนาคต ขึ้นอยู่กับทั้งค่าจริงของข้อมูลในอดีต และค่าแตกต่างระหว่างค่าพยากรณ์กับค่าจริงในอดีต (errors) รวมกัน

การระบุรูปแบบที่คาดว่าเหมาะสม

โดยทางทฤษฎีแล้วจะเห็นได้ว่า สมการ (5-30) สามารถสวมทุกรูปแบบของข้อมูลได้ โดยค่า p (0,1,2...) และ q (0,1,2...) จะต้องระบุก่อนที่จะนำไปใช้ เช่น กรณี ถ้า p = 1 และ q = 0 รูปแบบก็จะกลายเป็น

$$Y_T = \phi_1 Y_{T-1} + e_T$$

ซึ่งก็คือ สาคับแรกของรูปแบบ AR (First order AR) และสามารถเขียนได้เป็น AR (1) หรือ ARMA (1,0) ถ้าหาก p = 2 และ q = 0 รูปแบบก็จะเป็น AR (2) หรือ ARMA (2,0) เขียนได้ในรูป

$$Y_T = \phi_1 Y_{T-1} + \phi_2 Y_{T-2} + e_T$$

แต่ถ้า p = 0 และ q = 1 รูปแบบนี้ก็จกลายเป็น สาคับแรกของรูปแบบ MA (First Order MA) และเขียนได้เป็น MA (1) หรือ ARMA (0,1)

$$Y_T = e_T - \theta_1 e_{T-1}$$

เมื่อ p = 0 And q = 2 รูปแบบก็คือ MA (2) หรือ ARMA (0,2) ซึ่งเห็นได้ในรูป

$$Y_T = e_T - \theta_1 e_{T-1} - \theta_2 e_{T-2}$$

และถ้าหากว่า e,p และ q ไม่เท่ากับ 0 ซึ่งจะกลายเป็นกรณีผสมของรูปแบบ Autoregressive และ Moving Average เช่น เมื่อ p = 1 , q = 1 รูปแบบคือ ARMA (1,1) และเขียนได้ในรูป

$$Y_T = \phi_1 Y_{T-1} + e_T - \theta_1 e_{T-1}$$

อาจกล่าวได้ว่า ค่า p และ q สามารถเป็นไปได้หลายค่า แต่โดยทั่วไปแล้วเป็นเรื่องที่หายากมากสำหรับ ค่า p และ q ที่มีค่าเกิน 2 ขึ้นไป ปัญหาอันหนึ่งในขั้นนี้ก็คือมีวิธีการอย่างไรในการกำหนดค่า p และ q เพื่อเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับสร้างรูปแบบเพื่อสวมกับรูปแบบจริง โดยไม่ต้องลองผิดลองถูกกับทุกๆค่า p และ q ที่เป็นไปได้ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายเป็นอย่างมาก วิธีที่เหมาะสมคือ พิจารณา สัมประสิทธิสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Coefficients) ร่วมกับ สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelations) สำหรับการระบุรูปแบบ (model) สามารถแบ่งออกได้เป็น ขั้น คือ

1. Differencing

สำหรับทฤษฎีที่อยู่เบื้องหลัง รูปแบบ ARMA ก็อยู่บนฐานของข้อมูลที่คงที่ (Stationary) ซึ่งจะไม่ขอกล่าวในที่นี้ ฉนั้นก่อนที่จะทำการกำหนดค่า p และ q ในสมการ (ก-30) ข้อมูลที่สนใจอยู่จะต้องถูกทำให้คงที่ก่อน หมายถึง ถ้าอนุกรมของข้อมูล ประกอบด้วยทางโน้ม ก็จะต้องมีการขจัดทางโน้มดังกล่าวออก โดยการนำเอาค่าของข้อมูลมาหาค่าความแตกต่าง (Differencing) ระหว่างข้อมูลที่อยู่ติดกัน ตารางที่ ก.1 แสดงถึงวิธีการ Differencing สำหรับข้อมูลที่มี ทางโน้มเชิงเส้น (line or trend) ไปเป็นข้อมูลที่คงที่ (horizontal or detrend) โดยจะไม่มีผลกับลักษณะอย่างอื่นของข้อมูล

หากข้อมูลที่เราสนใจมีอิทธิพลฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง การ Differencing สามารถกระทำได้โดยการ long differencing เช่น กรณี จากเดือนมกราคม ของปีหนึ่งกับ มกราคมของปีถัดไป ก็จะสามารถทำข้อมูลให้ Stationary ได้ ซึ่งในตาราง ก.1 เราเรียกว่า short differencing หรือการหาค่าความแตกต่างของข้อมูลที่มีความห่างช่วงสั้น

ตารางที่ ก.1

แสดงการหาผลต่างของข้อมูลที่มีทางโน้ม

ข้อมูล	ผลต่างครั้งแรก	อนุกรมใหม่
2	4 - 2 = 2	2
4	6 - 4 = 2	2
6	8 - 6 = 2	2
8	10 - 8 = 2	2
10	12 - 10 = 2	2
12		

2. กำหนด p และ q (Identifying p And q)

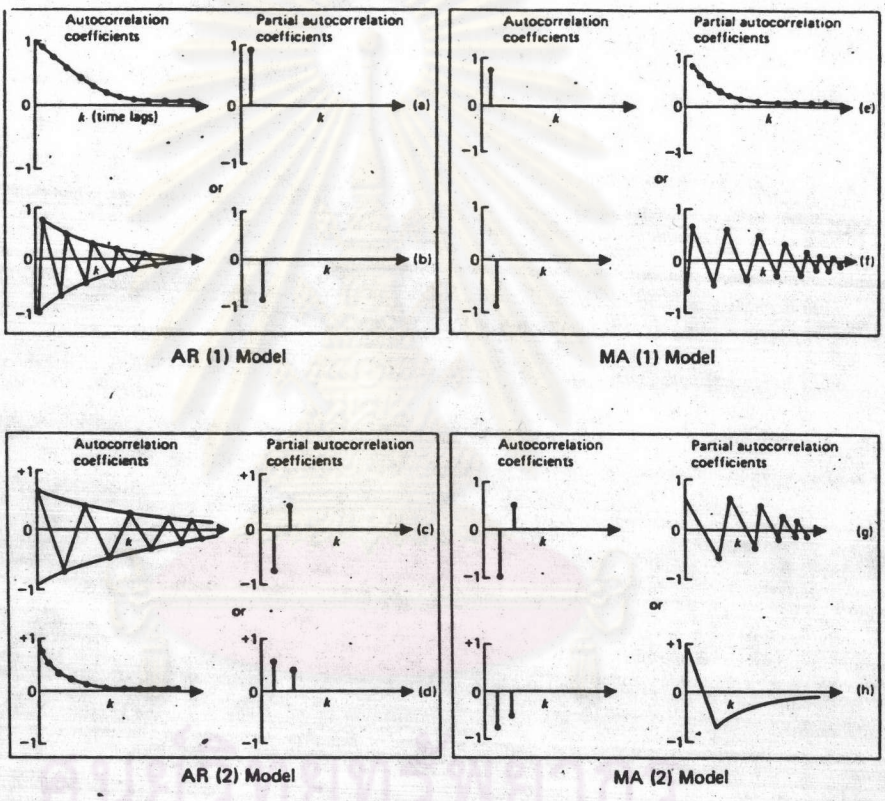
เมื่อข้อมูล Stationary แล้วค่า p และ q สามารถกำหนดได้ โดยพิจารณา Autocorrelations และ Partial Autocorrelations ในรูปที่ ก-7 แสดงรูปแบบ (model) ที่เหมาะสมสำหรับหลายๆ ลักษณะของ Autocorrelations และ Partial Autocorrelations

หลักโดยทั่วๆ ไปของการพิจารณาเพื่อกำหนดรูปแบบ (model) คือ ถ้าหากค่า สหสัมพันธ์ในตัวเอง ลดลงอย่างรวดเร็วแบบ exponential จนเป็น 0 จะมีความหมายว่าเป็นลักษณะแบบ AR ซึ่งลำดับของมัน จะถูกกำหนดโดยจำนวนของค่า สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจาก 0 แต่ถ้าหาก สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ลดลงอย่างรวดเร็วแบบ Exponential จนเป็น 0 รูปแบบที่ควรเป็นคือ

รูป ก-7

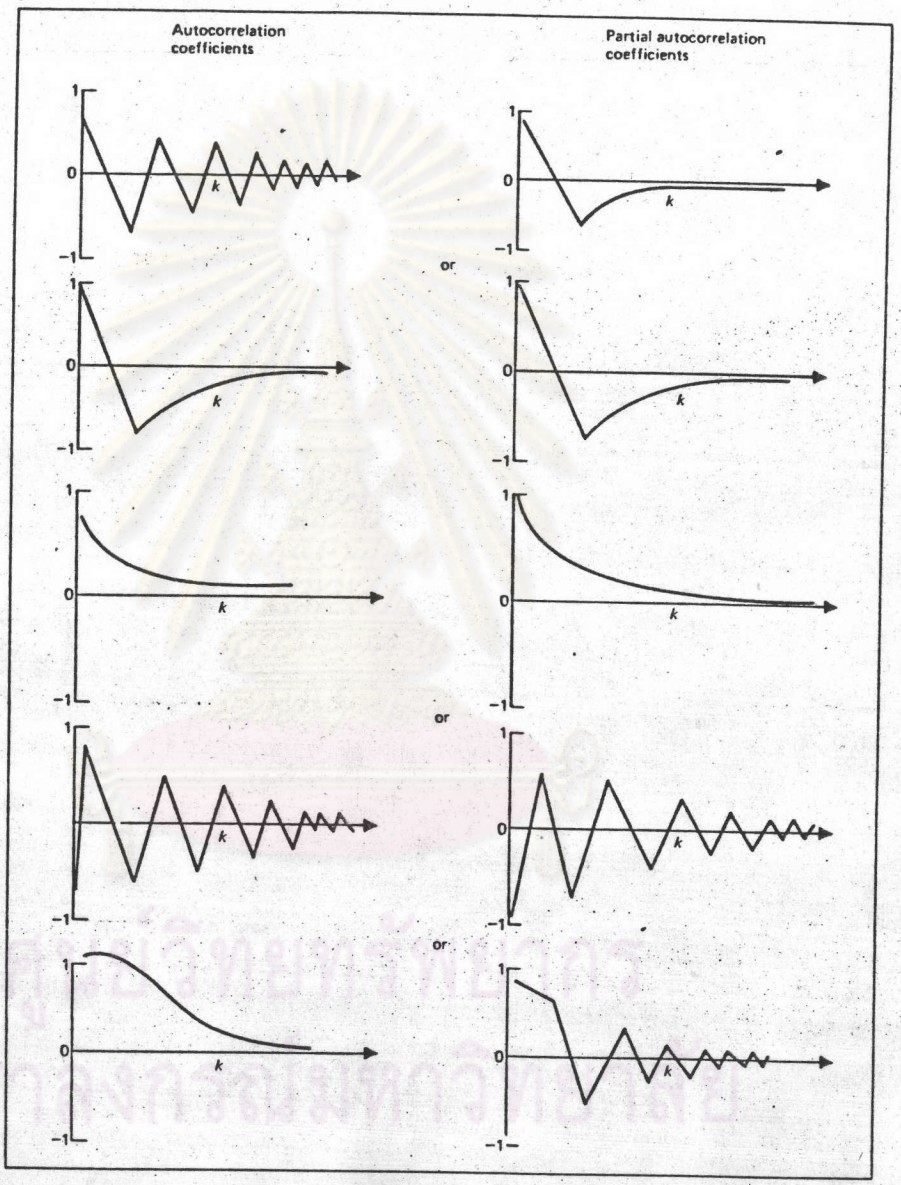
แสดงลักษณะของรูปแบบเมื่อ

พิจารณา Autocorrelation และ Partial Autocorrelation



รูป ก–7

(ต่อ)


Autocorrelation coefficients
Partial autocorrelation coefficients
1
0
-1
k
or

MA โดยมีสาคัญกำหนดได้จาก จำนวนของค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจาก 0 และถ้าหากทั้ง ค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง และค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ลดลงอย่าง exponential จนเป็น 0 ทั้งคู่ รูปแบบที่เหมาะสมคือ ARMA แบบใดแบบหนึ่ง

3. กำหนดฤดูกาล (Seasonal Parameters for Seasonal Data) หากข้อมูลมีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย สมการ (ก-37) จะไม่เพียงพอในการกำหนดรูปแบบ ในการนี้จำเป็นต้องปรับปรุง โดยเพิ่มเทอมที่เกี่ยวกับฤดูกาลขึ้นมา (Seasonal Parameters) ซึ่งรูปแบบฤดูกาลอาจจะเป็นได้ทั้ง AR , MA หรือ ARMA ซึ่งรูปแบบ Seasonal AR สามารถเขียนได้เป็น

$$Y_T = \phi_{12} Y_{T-12} + e_T \qquad (ก-31)$$

รูปแบบ seasonal MA สามารถเขียนได้เป็น

$$Y_T = e_T - \theta_{12} e_{T-12} \qquad (ก-32)$$

และรูปแบบผสม สามารถเขียนได้เป็น

$$Y_T = \phi_{12} Y_{T-12} + e_T - \theta_{12} e_{T-12} \qquad (ก-33)$$

สำหรับสมการ (ก-31) ถึง (ก-33) แสดงรูปแบบฤดูกาลลักษณะเดียวเท่านั้น โดยในสมการความเป็นจริงข้อมูลโดยทั่วไปมักจะมีการผสมหลายลักษณะรวมกันอยู่ในข้อมูลเดียวกัน ดังนั้นจึงอาจจะต้องมีการ รูปสมการ (ก-28) ถึง (ก-20) ร่วมกับ (ก-31) ถึง (ก-33) จึงจะได้เป็นรูปแบบที่เหมาะสมจริง เช่น การรวมสมการ (ก-31) กับ (ก-32) จะได้เป็น

$$Y_T = \phi_1 Y_{T-1} + e_T - \theta_{12} e_{T-12}$$

ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบยุ่งยากขึ้น และยากแก่การเข้าใจ และหากจะหาค่า p และ q มักใช้แทนด้วย P และ Q ของข้อมูลฤดูกาล ก็ทำได้โดยพิจารณา สหสัมพันธ์ในตัวเอง และสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน แต่อาจจะไม่สามารถ กำหนดค่า P และ Q ได้อย่างถูกต้อง โดยปกติก็มักมีค่า 0 หรือ 1 ค่าอื่นมักไม่ค่อยปรากฏมากนัก

การประมาณค่า Parameter และการตรวจสอบ

เมื่อเราได้เลือกรูปแบบ ที่คาดว่าเหมาะสมสำหรับ ข้อมูลแล้วโดยพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ในตัวเอง และค่าสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน แล้ว จะพบว่างานต่อมาคือ การประมาณค่า Parameter ในรูปแบบที่เราเลือกมา ยกตัวอย่าง เช่น หากรูปแบบของข้อมูลที่เลือก คือ p = 1 , q = 0 , P = 0 และ Q = 1 ซึ่งเขียนได้เป็น

$$Y_T = \phi_1 Y_{T-1} + e_T - \theta_{12} e_{T-12}$$

จะเห็นได้ว่า ϕ_1 และ θ_{12} สามารถเป็นค่าใดๆ ได้หลายค่า เช่น $\phi_1 = .5$ และ $\theta_{12} = -.3$ หรือ $\phi_1 = .2$ และ $\theta_{12} = .4$ หรือ $\phi_1 = -.7$ และ $\theta_{12} = -.4$ สำหรับแต่ละคู่ของ ϕ_1 และ θ_{12} เราสามารถจะหาค่า e_T ได้ และจะหาค่า MSE สำหรับคู่ของ ϕ_1 และ θ_{12} ที่ต่ำสุด เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบรูปแบบ

เมื่อเลือกค่า Parameter ของสมการได้แล้ว ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้การคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ในการหาค่า Parameter ชุดที่ให้ MSE ต่ำสุด ก็จะต้องมาดูว่า รูปแบบที่ได้มานั้นเหมาะสมหรือไม่โดยพิจารณาค่า error ของการพยากรณ์ e_T ว่าจะมีลักษณะเชิงสุ่มหรือไม่ (random) ซึ่งถ้าหาก error มีลักษณะเชิงสุ่ม แสดงว่ารูปแบบที่เลือกมาเหมาะสม จึงกำจัดรูปแบบในข้อมูลออกไปหมด เหลืออยู่แต่ error ที่มีลักษณะเชิงสุ่ม ในการนี้เราสามารถพิจารณาได้จาก สหสัมพันธ์ในตัวเองของค่ารบกวน

(Autocorrelations of the errors) ซึ่งจะบอกถึงความสัมพันธ์ของ ของ errors ระหว่างช่วงเวลาที่เคกต่างกัน ซึ่งถ้าหากมีลักษณะเชิงสุ่ม ก็จะต้องไม่มี สหสัมพันธ์ ซึ่งมีค่ามากกว่า 0 อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการพิจารณาว่ารูปแบบเหมาะสมหรือไม่ก็ดูได้จากขั้นนี้ หากพบว่าไม่เหมาะสมก็จะกลับไปเลือกรูปแบบใหม่ในขั้นตอนที่ได้กล่าวมาแล้ว

การพยากรณ์

เมื่อได้มีการกำหนดรูปแบบที่เหมาะสม (Identify model) และหาค่า Parameters ตลอดจนนำไปตรวจสอบค่า errors ว่าได้ลักษณะเชิงสุ่มแล้วการพยากรณ์ก็จะทำได้โดยง่าย โดยการแทนค่า ช่วงเวลาลงไปในรูปแบบ ก็จะได้ค่าพยากรณ์ตามต้องการ และสำหรับวิธีการของ BOX-JENKINS นี้ยังสามารถระบุขอบเขตความเชื่อมั่นทางสถิติ สำหรับค่าของการพยากรณ์ได้ด้วยซึ่งเป็นสิ่งที่มีประโยชน์อย่างมากสำหรับนำไปใช้ช่วยในการพยากรณ์ได้ดียิ่งขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

สถิติที่ใช้ทดสอบสมมุติฐาน

เมื่อนำเอาเทคนิคต่าง ๆ มาใช้พยากรณ์ล่วงหน้า 12 ช่วงเวลาแล้ว ก็จะนำเอาค่าที่ได้จากการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกับข้อมูลชุดทดสอบ (Test set) ว่าเกิดความคลาดเคลื่อนหรือความผิดพลาด (error, residual) มากน้อยเพียงใดโดย

ค่าความคลาดเคลื่อน $e_T = X_T - F_T$

ร้อยละของค่าคลาดเคลื่อน $= \frac{e_T \times 100}{X_T}$

เมื่อได้ค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนทั้ง 12 ช่วงเวลาแล้ว ก็นำมาหาค่าเฉลี่ยโดยไม่คิดเครื่องหมาย เพื่อดูว่า โดยเฉลี่ยแล้วมีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ร้อยละเท่าไรและมีค่าของความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่าไร

โดยในการวิจัยครั้งนี้ เราจะมองค่าการพยากรณ์ทั้ง 12 ค่า ของแต่ละเทคนิคเป็นเสมือนการสุ่มตัวอย่างจำนวน 12 ตัวอย่าง ขึ้นมาจากประชากร ดังนั้นค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อน จึงเป็นเหมือนค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (sample means) ของแต่ละเทคนิค $\bar{X}_e$

รูปร่างการแจกแจงของการแจกแจงตัวอย่าง (sampling distribution) ของค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (sample mean) ซึ่งมาจากประชากรที่มีค่าเฉลี่ย μ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน σ จะพบว่าหาก

1. ขนาดของตัวอย่างมีค่าใหญ่ (มากกว่า 30) แล้ว การแจกแจงของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง (sampling distribution of sample means) จะมีการแจกแจงแบบปกติ (normal

distribution) ด้วยทฤษฎีของขีดจำกัดส่วนกลาง (central limit theorem) สนับสนุนโดยไม่ต้องพิจารณาถึงการแจกแจงของประชากรเดิมเลย

2. หากประชากรเดิมมีการแจกแจงแบบปกติแล้ว ไม่ว่าขนาดของตัวอย่างจะมีค่าน้อยเพียงใด การแจกแจงของค่าเฉลี่ยจากตัวอย่าง (sampling distribution of sample means) ก็จะเป็นการแจกแจงปกติตามไปด้วย (normal distribution)[1]

เนื่องจากส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของประชากร เราไม่ทราบค่า ดังนั้นจึงมีการใช้ $S_{\bar{X}}$ (standard error of mean) โดยคำนวณจาก

$$S_{\bar{X}} = S_e/\sqrt{n}$$

เมื่อ S_e คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาของ $\bar{X}_e$

n คือ จำนวนตัวอย่าง

และเนื่องจากการแทน $\sigma_{\bar{X}}$ ด้วย $S_{\bar{X}}$ จะทำให้ค่าของ $\frac{\bar{X}_e - \mu_e}{S_{\bar{X}}}$ กลายไปเป็นการกระจายแบบ T (student T distribution) แทนการแจกแจงแบบปกติ[2] ดังนั้นการทดสอบสมมุติฐานสำหรับการวิจัยฉบับนี้จะใช้ค่าที่ทดสอบคือ

$$\text{Ttest} = \frac{\bar{X}_e - \mu_e}{S_{\bar{X}}} \qquad (ข-1)$$

สมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้แต่เริ่มแรก คือ เทคนิคของอนุกรมเวลาสามารถพยากรณ์ยอดขายของสินค้าผ้าอนามัย โดยมีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ

---

1. Vincent E. Cangelosi , Phillip H. Taylor and Philip F. Rice , Basic statistics (St. paul : West Publishing , 1979) p. 134 - 141

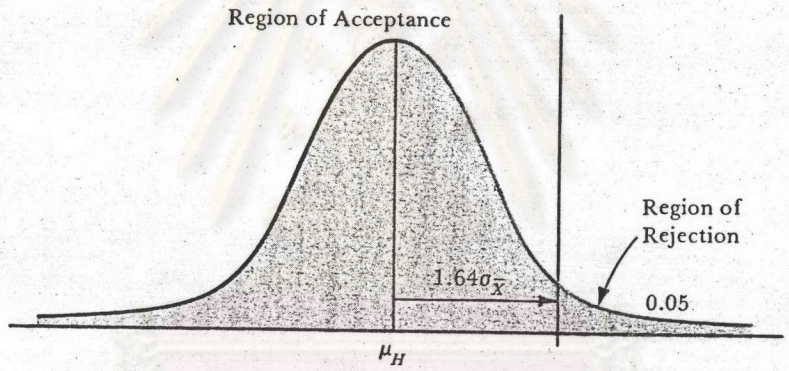
2. Ibid , p. 144 - 145

15 ดังนั้นในการทดสอบสมมุติฐานเราจึงตั้ง Null hypothesis และ Alternative hypothesis ของการวิจัย คือ

$$Ho : \mu_e = 15$$

$$HA : \mu_e > 15$$

เป็นการทดสอบสมมุติฐานแบบทางเดียว (one-sided tests) กำหนดให้ระดับความมีนัยสำคัญ (level of significance) มีค่าเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายถึงเราจะสนใจความแตกต่างในด้านเดียวของสมมุติฐาน คือ จะปฏิเสธสมมุติฐานเฉพาะกรณีที่ค่าเฉลี่ยของค่าร้อยละของค่าคลาดเคลื่อนมีค่ามากกว่าร้อยละ 15 แสดงได้ในรูปที่ ข-1 [3]



รูปที่ ข-1 แสดงพื้นที่ในการทดสอบสมมุติฐาน

พิจารณาค่า T ซึ่งจะใช้เป็นค่าวิกฤต (critical value) สำหรับการทดสอบสมมุติฐาน โดยกำหนด Alpha = 0.05 และองศาแห่งความเป็นอิสระ (n-1) คือ 11 จะได้ ค่า t คือ 1.796 [4] ซึ่งหมายถึง ถ้าค่า Ttest ในสมการที่ (ข-1) มีค่ามากกว่า 1.796 เราจะปฏิเสธสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่าเทคนิคการพยากรณ์นั้น มีความคลาดเคลื่อน ของการพยากรณ์เฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 15

---

3. Ibid , p. 172 - 175

4. Ibid , Appendix J p. 500 - 501

ภาคผนวก ค.

แสดงรายละเอียดการพยากรณ์ด้วยเทคนิคของ Brown

ตารางที่ ค-1 จะแสดงให้เห็นถึง ค่า sum sqnare error ที่ได้จากการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 13 ถึง ช่วงเวลาที่ 60 เมื่อค่า Alpha มีค่าต่าง ๆ ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.9

ตารางที่ ค-2 จะแสดงให้เห็นถึง ค่า sum sqnare error ที่ได้จากการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 13 ถึง ช่วงเวลาที่ 60 สำหรับค่า Alpha ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.8 ถึง 0.99 โดยกำหนดค่า Alpha ให้ละเอียดขึ้น เนื่องจากในตารางที่ ค-1 พบว่าค่า sum sqnare error จะน้อยที่สุด เมื่อค่า Alpha อยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 1.0 เพื่อหาค่า Alpha ที่ดีที่สุด

ตารางที่ ค-3 แสดงรายละเอียดการคำนวณค่าต่าง ๆ ในสมการของ Brown ตั้งแต่ (5-13) ถึง (5-16) เพื่อใช้พยากรณ์ในสดมภ์สุดท้ายตามสมการ (5-17) ตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 3 ถึงช่วงเวลาที่ 60 สำหรับค่า Alpha เท่ากับ 0.95

ตารางที่ ค-4 แสดงรายละเอียดการคำนวณค่าความแตกต่าง และค่าความแตกต่างกำลังสอง ที่ได้จากค่าข้อมูลจริง และค่าพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 3 ถึงช่วงเวลาที่ 60 สำหรับค่า Alpha เท่ากับ 0.95

ตารางที่ ค-5 แสดงการพยากรณ์ล่วงหน้าสำหรับช่วงเวลาที่ 61 ถึง ช่วงเวลาที่ 72 หรือ พยากรณ์ยอดขายผ้าอนามัย สำหรับปี 2528 ด้วย ค่า Alpha เท่ากับ 0.95

ตารางที่ ค-1

แสดงการหาค่า Alpha

```
VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .10
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS         =  -.318883E+03
          SUM SQUARE ERROR =    .216215E+08

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .20
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS         =   .197837E+02
          SUM SQUARE ERROR =    .176323E+08

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .30
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS         =   .305433E+03
          SUM SQUARE ERROR =    .146882E+08

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .40
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS         =   .522843E+03
          SUM SQUARE ERROR =    .124975E+08

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .50
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS         =   .653584E+03
          SUM SQUARE ERROR =    .108338E+08

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .60
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS         =   .669231E+03
          SUM SQUARE ERROR =    .951995E+07

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .70
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS         =   .485883E+03
          SUM SQUARE ERROR =    .844987E+07

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .80
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS         =  -.173008E+03
          SUM SQUARE ERROR =    .765007E+07

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .90
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS         =  -.191873E+04
          SUM SQUARE ERROR =    .728014E+07
```

ตารางที่ ค-2

แสดงการหาค่า Alpha เฉพาะช่วง

```
VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .80
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS          =  -.173007E+03
          SUM SQUARE ERROR =     .765006E+07

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .85
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS          =  -.861159E+03
          SUM SQUARE ERROR =     .741041E+07

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .90
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS          =  -.191872E+04
          SUM SQUARE ERROR =     .728014E+07

VALUE OF PARAMETER   ALPHA  =    .95
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS          =  -.356280E+04
          SUM SQUARE ERROR =     .701338E+07
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค-3

แสดงการคำนวณค่าพยากรณ์

PERIOD	OBSERVED	X1	X2	MU T	BETA T	FORECAST
1	1300.00	1300.00	1300.00	1300.00	.0000	
2	1600.00	1315.00	1300.75	1329.25	.7500	.00
3	2200.00	1359.25	1303.68	1414.82	2.9250	1330.00
4	1900.00	1386.29	1307.81	1464.77	4.1306	1417.75
5	1400.00	1386.97	1311.76	1462.18	3.9584	1468.90
6	1700.00	1402.62	1316.31	1488.94	4.5430	1466.14
7	1700.00	1417.49	1321.37	1513.62	5.0593	1493.48
8	1700.00	1431.62	1326.88	1536.36	5.5126	1518.68
9	1700.00	1445.04	1332.79	1557.29	5.9079	1541.87
10	2000.00	1472.79	1339.79	1605.78	7.0000	1563.20
11	1300.00	1464.15	1346.00	1582.29	6.2180	1612.78
12	1900.00	1485.94	1353.00	1618.88	6.9967	1588.51
13	1600.00	1491.64	1359.93	1623.35	6.9320	1625.87
14	1700.00	1502.06	1367.04	1637.08	7.1063	1630.28
15	1200.00	1486.96	1373.04	1600.88	5.9959	1644.19
16	1100.00	1467.61	1377.76	1557.45	4.7287	1606.87
17	1400.00	1464.23	1382.09	1546.37	4.3232	1562.18
18	900.00	1436.02	1384.78	1487.25	2.6965	1550.69
19	800.00	1404.22	1385.76	1422.68	.9716	1489.95
20	1300.00	1399.01	1386.42	1411.59	.6625	1423.65
21	1400.00	1399.06	1387.05	1411.06	.6319	1412.26
22	1000.00	1379.10	1386.65	1371.55	-.3974	1411.69
23	1600.00	1390.15	1386.83	1393.47	.1747	1371.16
24	900.00	1365.64	1385.77	1345.51	-1.0594	1393.64
25	900.00	1342.36	1383.60	1301.12	-2.1705	1344.45
26	1500.00	1350.24	1381.93	1318.55	-1.6679	1298.95
27	1700.00	1367.73	1381.22	1354.24	-.7101	1316.88
28	800.00	1339.34	1379.13	1299.56	-2.0939	1353.53
29	600.00	1302.37	1375.29	1229.46	-3.8376	1297.46
30	1300.00	1302.26	1371.64	1232.88	-3.6516	1225.62
31	1100.00	1292.14	1367.66	1216.62	-3.9747	1229.22
32	1700.00	1312.54	1364.91	1260.17	-2.7563	1212.65
33	1600.00	1326.91	1363.01	1290.81	-1.8998	1257.41
34	1000.00	1310.56	1360.38	1260.74	-2.6221	1288.91
35	1600.00	1325.04	1358.62	1291.45	-1.7674	1258.12
36	1500.00	1333.78	1357.37	1310.19	-1.2416	1289.69
37	800.00	1307.09	1354.86	1259.33	-2.5140	1308.95
38	1500.00	1316.74	1352.95	1280.52	-1.9060	1256.81
39	1700.00	1335.90	1352.10	1319.70	-.8526	1278.62
40	1500.00	1344.11	1351.70	1336.51	-.3997	1318.85
41	1900.00	1371.90	1352.71	1391.09	1.0100	1336.11
42	1700.00	1388.31	1354.49	1422.12	1.7797	1392.10
43	1200.00	1378.89	1355.71	1402.07	1.2200	1423.90
44	1300.00	1374.95	1356.67	1393.22	.9618	1403.29
45	1400.00	1376.20	1357.65	1394.75	.9763	1394.18
46	1600.00	1387.39	1359.14	1415.64	1.4870	1395.73
47	1300.00	1383.02	1360.33	1405.71	1.1942	1417.13
48	1700.00	1398.87	1362.26	1435.48	1.9269	1406.90
49	1100.00	1383.93	1363.34	1404.51	1.0834	1437.41
50	1100.00	1369.73	1363.66	1375.80	.3194	1405.59
51	900.00	1346.24	1362.79	1329.70	-.8709	1376.12
52	1400.00	1348.93	1362.10	1335.76	-.6930	1328.83
53	1200.00	1341.48	1361.07	1321.90	-1.0306	1335.07
54	1700.00	1359.41	1360.98	1357.84	-.0828	1320.87
55	1100.00	1346.44	1360.26	1332.62	-.7272	1357.75
56	1000.00	1329.12	1358.70	1299.54	-1.5569	1331.90
57	800.00	1302.66	1355.90	1249.43	-2.8019	1297.98
58	500.00	1262.53	1351.23	1173.83	-4.6685	1246.62
59	1800.00	1289.40	1348.14	1230.67	-3.0914	1169.16
60	1700.00	1309.93	1346.23	1273.64	-1.9103	1227.58

ตารางที่ ค-4

แสดงการคำนวณค่าความผิดพลาด

PERIOD	OBSERVED	FORECAST	ERROR	SQUARE ERROR
1	1300.00			
2	1600.00			
3	2200.00	1330.00	.870000E+03	.756900E+06
4	1900.00	1417.75	.482250E+03	.232565E+06
5	1400.00	1468.90	-.688999E+02	.474720E+04
6	1700.00	1466.14	.233859E+03	.546902E+05
7	1700.00	1493.48	.206515E+03	.426485E+05
8	1700.00	1518.68	.181320E+03	.328771E+05
9	1700.00	1541.87	.158129E+03	.250048E+05
10	2000.00	1563.20	.436803E+03	.190797E+06
11	1300.00	1612.78	-.312785E+03	.978344E+05
12	1900.00	1588.51	.311494E+03	.970283E+05
13	1600.00	1625.87	-.258738E+02	.669452E+03
14	1700.00	1630.28	.697169E+02	.486045E+04
15	1200.00	1644.19	-.444187E+03	.197302E+06
16	1100.00	1606.87	-.506874E+03	.256922E+06
17	1400.00	1562.18	-.162183E+03	.263032E+05
18	900.00	1550.69	-.650693E+03	.423402E+06
19	800.00	1489.95	-.689947E+03	.476027E+06
20	1300.00	1423.65	-.123649E+03	.152890E+05
21	1400.00	1412.26	-.122555E+02	.150197E+03
22	1000.00	1411.69	-.411692E+03	.169491E+06
23	1600.00	1371.16	.228845E+03	.523700E+05
24	900.00	1393.64	-.493642E+03	.243683E+06
25	900.00	1344.45	-.444453E+03	.197538E+06
26	1500.00	1298.95	.201052E+03	.404218E+05
27	1700.00	1316.88	.383117E+03	.146779E+06
28	800.00	1353.53	-.553527E+03	.306392E+06
29	600.00	1297.46	-.697464E+03	.486456E+06
30	1300.00	1225.62	.743762E+02	.553182E+04
31	1100.00	1229.22	-.129224E+03	.166988E+05
32	1700.00	1212.65	.487350E+03	.237510E+06
33	1600.00	1257.41	.342590E+03	.117368E+06
34	1000.00	1288.91	-.288913E+03	.834706E+05
35	1600.00	1258.12	.341878E+03	.116881E+06
36	1500.00	1289.69	.210313E+03	.442314E+05
37	800.00	1308.95	-.508951E+03	.259031E+06
38	1500.00	1256.81	.243186E+03	.591393E+05
39	1700.00	1278.62	.421381E+03	.177562E+06
40	1500.00	1318.85	.181149E+03	.328150E+05
41	1900.00	1336.11	.563887E+03	.317969E+06
42	1700.00	1392.10	.307898E+03	.948011E+05
43	1200.00	1423.90	-.223902E+03	.501321E+05
44	1300.00	1403.29	-.103291E+03	.106691E+05
45	1400.00	1394.18	.581775E+01	.338462E+02
46	1600.00	1395.73	.204274E+03	.417279E+05
47	1300.00	1417.13	-.117130E+03	.137194E+05
48	1700.00	1406.90	.293096E+03	.859054E+05
49	1100.00	1437.41	-.337407E+03	.113844E+06
50	1100.00	1405.59	-.305594E+03	.933875E+05
51	900.00	1376.12	-.476118E+03	.226688E+06
52	1400.00	1328.83	.711747E+02	.506584E+04
53	1200.00	1335.07	-.135072E+03	.182444E+05
54	1700.00	1320.87	.379128E+03	.143738E+06
55	1100.00	1357.75	-.257754E+03	.664371E+05
56	1000.00	1331.90	-.331896E+03	.110155E+06
57	800.00	1297.98	-.497979E+03	.247983E+06
58	500.00	1246.62	-.746624E+03	.557447E+06
59	1800.00	1169.16	.630840E+03	.397959E+06
60	1700.00	1227.58	.472425E+03	.223185E+06

ตารางที่ ค-5

แสดงค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 ช่วงเวลา

VALUE OF PARAMETER ALPHA = .95
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
SUM ERRORS = -.356280E+04
SUM SQUARE ERROR = .701339E+07

FORECAST FOR THE NEXT 12 PERIOD

PERIOD	FORECAST
61	1271.73
62	1269.82
63	1267.91
64	1266.00
65	1264.09
66	1262.17
67	1260.26
68	1258.35
69	1256.44
70	1254.53
71	1252.62
72	1250.71

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับการทดสอบสมมุติฐานมีรายละเอียดดังนี้ คือ

$$Ho : \mu_e = 15$$

$$HA : \mu_e > 15$$

ค่า $\bar{X}_e$ และ S_e ของการพยากรณ์ด้วยเทคนิคของ Brown คือ 32.68 และ 4.33 ตามลำดับ รายละเอียดของการคำนวณอยู่ในตารางที่ 6.5 นำ ค่า $\bar{X}_e$ และ S_e แทนค่าในสมการ (ข-1)

$$Ttest = \bar{X}_e - \mu_e \; / \; (S_e/\sqrt{n})$$

$$Ttest = \frac{32.68 - 15}{4.33/\sqrt{12}}$$

$$= \frac{17.68}{1.25}$$

$$= 14.14$$

ค่า Ttest ที่ได้มี ค่า 14.14 ซึ่งมากกว่า ค่า 1.796 ที่ตั้งไว้ ดังนั้น จึงต้องปฏิเสธสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ ว่า เทคนิคของ Brown สามารถพยากรณ์ยอดขายของสินค้าผ้าอนามัย โดยมีความคลาดเคลื่อน ของการพยากรณ์ เฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

แสดงรายละเอียดการพยากรณ์ด้วยเทคนิคของ Holt

ตารางที่ ง-1 แสดงให้เห็นถึงค่า sum square error ที่ได้จากการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 13 ถึง ช่วงเวลาที่ 60 โดยกำหนดให้ค่า Alpha และ Beta มีค่าต่าง ๆ กัน เพื่อทางเลือก (combination) ที่จะให้ค่า sum square error ต่ำสุด โดยกำหนดช่วงให้สำหรับค่า parametor ทั้งสอง คือ

Alpha มีค่า ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5

Beta มีค่า ตั้งแต่ 0.4 ถึง 0.8

จะพบว่า ค่า sum sqnare error มีค่าต่ำสุด เมื่อ Alpha = 0.3 และ Beta = 0.5

ตารางที่ ง-2 แสดงรายละเอียดการคำนวณค่าในสมการที่ (5-18) และ (5-19) เพื่อใช้พยากรณ์ในสดมภ์สุดท้าย ตามสมการ (5-20) โดยกำหนดให้ค่า parameter ทั้งสองคือ Alpha และ Beta มีค่า 0.3 และ 0.5 ตามลำดับ

ตารางที่ ง-3 แสดงรายละเอียด การคำนวณ ค่าความแตกต่างและค่าความแตกต่างกำลังสองที่ได้จากค่าของข้อมูลจริง และค่าพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 2 และ ช่วงเวลา 60 สำหรับค่า Alpha = 0.3 และค่า Beta = 0.5

ตารางที่ ง-4 แสดงค่าการพยากรณ์ล่วงหน้าสำหรับช่วงเวลาที่ 61 ถึงช่วงเวลาที่ 72 หรือพยากรณ์ยอดขายผ้าอนามัยสำหรับปี 2528 ด้วยค่า Alpha = 0.3 และ Beta = 0.5

ตารางที่ ง-1

แสดงการหาค่า Alpha และ Beta

```
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .10   BETA =    .40
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .187044E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .148685E+07
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .10   BETA =    .50
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .222660E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .896967E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .10   BETA =    .60
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .269358E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .484777E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .10   BETA =    .70
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .304256E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .219459E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .10   BETA =    .80
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .240353E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .760604E+05
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .20   BETA =    .40
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .141610E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .605282E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .20   BETA =    .50
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .159735E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .287071E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .20   BETA =    .60
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .192953E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .116579E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .20   BETA =    .70
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .220856E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .599785E+05
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .20   BETA =    .80
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .170526E+03
          SUM SQUARE ERROR  =   .927365E+05
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .30   BETA =    .40
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .432995E+02
          SUM SQUARE ERROR  =   .137003E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =    .30   BETA =    :50
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   .500309E+02
          SUM SQUARE ERROR  =   .176079E+05
-------------------------------------------------------------------------------
```

```
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .30   BETA =     .50
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =    .500309E+02
          SUM SQUARE ERROR  =    .176079E+05
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .30   BETA =     .60
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =    .755344E+02
          SUM SQUARE ERROR  =    .252665E+05
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .30   BETA =     .70
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =    .103451E+03
          SUM SQUARE ERROR  =    .125132E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .30   BETA =     .80
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =    .797434E+02
          SUM SQUARE ERROR  =    .292927E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .40   BETA =     .40
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.126614E+03
          SUM SQUARE ERROR  =    .527365E+05
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .40   BETA =     .50
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.124913E+03
          SUM SQUARE ERROR  =    .692448E+05
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .40   BETA =     .60
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.100414E+03
          SUM SQUARE ERROR  =    .196616E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .40   BETA =     .70
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.631653E+02
          SUM SQUARE ERROR  =    .401659E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .40   BETA =     .80
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.414010E+02
          SUM SQUARE ERROR  =    .661029E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .50   BETA =     .40
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.391375E+03
          SUM SQUARE ERROR  =    .327871E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .50   BETA =     .50
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.386898E+03
          SUM SQUARE ERROR  =    .426438E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .50   BETA =     .60
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.354075E+03
          SUM SQUARE ERROR  =    .620377E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .50   BETA =     .70
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.293199E+03
          SUM SQUARE ERROR  =    .880401E+06
-------------------------------------------------------------------------------
VALUE OF PARAMETER      ALPHA =     .50   BETA =     .80
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
          SUM ERRORS        =   -.195920E+03
          SUM SQUARE ERROR  =    .118457E+07
FORECAST FOR THE NEXT 12 PERIOD
```

ตารางที่ ง-2

แสดงการคำนวณค่าพยากรณ์

PERIOD	OBSERVED	MU T	BETA T	FORECAST
1	1300.00	1300.00	300.0000	
2	1600.00	1420.00	210.0000	1630.00
3	2200.00	1903.00	346.5000	2249.50
4	1900.00	1796.95	120.2250	1917.17
5	1400.00	1483.02	-96.8538	1386.16
6	1700.00	1663.96	42.0450	1706.01
7	1700.00	1676.57	27.3293	1703.90
8	1700.00	1684.77	17.7641	1702.54
9	1700.00	1690.10	11.5466	1701.65
10	2000.00	1903.57	112.5053	2016.07
11	1300.00	1447.32	-171.8716	1275.45
12	1900.00	1815.76	98.2835	1914.04
13	1600.00	1635.24	-41.1157	1594.13
14	1700.00	1692.91	8.2748	1701.18
15	1200.00	1345.39	-169.6214	1175.77
16	1100.00	1224.50	-145.2539	1079.25
17	1400.00	1390.93	10.5850	1401.51
18	900.00	1044.10	-168.1198	875.98
19	800.00	923.67	-144.2779	779.39
20	1300.00	1230.38	81.2194	1311.60
21	1400.00	1324.75	87.7926	1412.54
22	1000.00	1071.09	-82.9348	988.15
23	1600.00	1466.21	156.0923	1622.30
24	900.00	1023.03	-143.5399	879.49
25	900.00	979.97	-93.3010	886.67
26	1500.00	1371.98	149.3543	1521.34
27	1700.00	1556.79	167.0803	1723.87
28	800.00	976.91	-206.3978	770.51
29	600.00	774.99	-204.1585	570.83
30	1300.00	1203.75	112.2970	1316.04
31	1100.00	1097.43	2.9930	1100.43
32	1700.00	1518.33	211.9454	1730.28
33	1600.00	1511.92	102.7646	1614.68
34	1000.00	1122.75	-143.2030	979.54
35	1600.00	1499.78	116.9180	1616.70
36	1500.00	1464.86	40.9967	1505.86
37	800.00	987.16	-218.3521	768.81
38	1500.00	1411.65	103.0711	1514.72
39	1700.00	1582.57	136.9962	1719.57
40	1500.00	1483.67	19.0476	1502.72
41	1900.00	1769.39	152.3809	1921.77
42	1700.00	1675.10	29.0476	1704.15
43	1200.00	1333.82	-156.1191	1177.70
44	1300.00	1356.98	-66.4774	1290.50
45	1400.00	1407.04	-8.2103	1398.83
46	1600.00	1544.57	64.6633	1609.24
47	1300.00	1353.97	-62.9689	1291.00
48	1700.00	1615.08	99.0703	1714.15
49	1100.00	1224.80	-145.6043	1079.20
50	1100.00	1181.12	-94.6428	1086.48
51	900.00	1012.73	-131.5179	881.21
52	1400.00	1323.27	89.5134	1412.79
53	1200.00	1210.13	-11.8163	1198.31
54	1700.00	1556.58	167.3194	1723.90
55	1100.00	1186.78	-101.2424	1085.54
56	1000.00	1086.41	-100.8075	985.60
57	800.00	916.16	-135.5249	780.64
58	500.00	665.51	-193.0912	472.42
59	1800.00	1517.58	329.4907	1847.07
60	1700.00	1546.43	179.1690	1725.60

ตารางที่ ง-3

แสดงการคำนวณค่าความผิดพลาด

PERIOD	OBSERVED	FORECAST	ERROR	SQUARE ERROR
1	1300.00	.00	.130000E+04	.169000E+07
2	1600.00	1630.00	-.300000E+02	.900000E+03
3	2200.00	2249.50	-.495000E+02	.245025E+04
4	1900.00	1917.17	-.171749E+02	.294978E+03
5	1400.00	1386.16	.138363E+02	.191443E+03
6	1700.00	1706.01	-.600635E+01	.360762E+02
7	1700.00	1703.90	-.390405E+01	.152416E+02
8	1700.00	1702.54	-.253772E+01	.644002E+01
9	1700.00	1701.65	-.164954E+01	.272097E+01
10	2000.00	2016.07	-.160723E+02	.258318E+03
11	1300.00	1275.45	.245531E+02	.602855E+03
12	1900.00	1914.04	-.140404E+02	.197133E+03
13	1600.00	1594.13	.587366E+01	.344998E+02
14	1700.00	1701.18	-.118213E+01	.139743E+01
15	1200.00	1175.77	.242317E+02	.587175E+03
16	1100.00	1079.25	.207505E+02	.430583E+03
17	1400.00	1401.51	-.151221E+01	.228677E+01
18	900.00	875.98	.240172E+02	.576824E+03
19	800.00	779.39	.206111E+02	.424817E+03
20	1300.00	1311.60	-.116028E+02	.134625E+03
21	1400.00	1412.54	-.125419E+02	.157299E+03
22	1000.00	988.15	.118478E+02	.140370E+03
23	1600.00	1622.30	-.222988E+02	.497238E+03
24	900.00	879.49	.205056E+02	.420480E+03
25	900.00	886.67	.133287E+02	.177654E+03
26	1500.00	1521.34	-.213363E+02	.455238E+03
27	1700.00	1723.87	-.238685E+02	.569707E+03
28	800.00	770.51	.294854E+02	.869390E+03
29	600.00	570.83	.291655E+02	.850628E+03
30	1300.00	1316.04	-.160425E+02	.257361E+03
31	1100.00	1100.43	-.427612E+00	.182852E+00
32	1700.00	1730.28	-.302778E+02	.916747E+03
33	1600.00	1614.68	-.146807E+02	.215522E+03
34	1000.00	979.54	.204575E+02	.418510E+03
35	1600.00	1616.70	-.167025E+02	.278974E+03
36	1500.00	1505.86	-.585669E+01	.343008E+02
37	800.00	768.81	.311931E+02	.973010E+03
38	1500.00	1514.72	-.147244E+02	.216807E+03
39	1700.00	1719.57	-.195709E+02	.383021E+03
40	1500.00	1502.72	-.272119E+01	.740488E+01
41	1900.00	1921.77	-.217687E+02	.473875E+03
42	1700.00	1704.15	-.414966E+01	.172197E+02
43	1200.00	1177.70	.223029E+02	.497417E+03
44	1300.00	1290.50	.949683E+01	.901897E+02
45	1400.00	1398.83	.117297E+01	.137587E+01
46	1600.00	1609.24	-.923767E+01	.853346E+02
47	1300.00	1291.00	.899561E+01	.809209E+02
48	1700.00	1714.15	-.141528E+02	.200303E+03
49	1100.00	1079.20	.208007E+02	.432667E+03
50	1100.00	1086.48	.135204E+02	.182801E+03
51	900.00	881.21	.187883E+02	.353001E+03
52	1400.00	1412.79	-.127876E+02	.163523E+03
53	1200.00	1198.31	.168811E+01	.284972E+01
54	1700.00	1723.90	-.239028E+02	.571345E+03
55	1100.00	1085.54	.144633E+02	.209186E+03
56	1000.00	985.60	.144010E+02	.207389E+03
57	800.00	780.64	.193607E+02	.374837E+03
58	500.00	472.42	.275845E+02	.760903E+03
59	1800.00	1847.07	-.470701E+02	.221559E+04
60	1700.00	1725.60	-.255957E+02	.655140E+03

VALUE OF PARAMETER ALPHA = .30 BETA = .50

ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60

SUM ERRORS = .500309E+02

SUM SQUARE ERROR = .176079E+05

FORECAST FOR THE NEXT 12 PERIOD

ตารางที่ ง-4

แสดงค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 ช่วงเวลา

VALUE OF PARAMETER ALPHA = .30 BETA = .50
ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60
SUM ERRORS = .500309E+02
SUM SQUARE ERROR = .176079E+05
FORECAST FOR THE NEXT 12 PERIOD

PERIOD	FORECAST
61	1725.60
62	1904.76
63	2083.93
64	2263.10
65	2442.27
66	2621.44
67	2800.61
68	2979.78
69	3158.95
70	3338.12
71	3517.29
72	3696.45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับการทดสอบสมมุติฐานมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

Ho : $\mu_e = 15$

HA : $\mu_e > 15$

ค่า $\bar{X}_e$ และ S_e ของ การพยากรณ์ด้วยเทคนิคของ Holt คือ 182.28 และ 9.67 ตามลำดับ รายละเอียดของการคำนวณอยู่ใน ตารางที่ ~~6.8~~ 5.8 นำค่า $\bar{X}_e$ และ S_e แทนค่าในสมการ (ข-1)

$$Ttest = \bar{X}_e - \mu_e \; / \; (S_e / \sqrt{n})$$

$$= \frac{182.28 - 15}{9.67/\sqrt{12}}$$

$$= \frac{167.28}{2.79}$$

$$= 59.92$$

ค่า Ttest ที่ได้มีค่า 59.92 ซึ่งมากกว่าค่า 1.796 ที่ตั้งไว้ ดังนั้น จึงต้องปฏิเสธสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ว่า เทคนิคของ Holt สามารถพยากรณ์ยอดขายของสินค้าผ้าอนามัย โดยมีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

แสดงรายละเอียดการพยากรณ์ด้วยเทคนิคของ Winter

ตารางที่ จ-1 แสดงให้เห็นถึงค่า sum square error ที่ได้จากการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 14 ถึง ช่วงเวลาที่ 60 โดยกำหนดให้ค่า Alpha, Beta และ Gamma มีค่าต่าง ๆ กัน เพื่อดูว่าทางเลือกใด (combination) จะให้ค่า sum square error ต่ำสุด โดยกำหนดช่วงของการค้นหา สำหรับค่า parameter ทั้ง 3 คือ

Alpha มีค่า ตั้งแต่ 0.7 ถึง 0.9

Beta มีค่า ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.4

Gamma มีค่า ตั้งแต่ 0.6 ถึง 0.8

จะพบว่า ค่า sum square error มีค่าต่ำสุดเมื่อ Alpha = 0.8 Beta = 0.2 และ Gamma = 0.7

ตารางที่ จ-2 แสดงรายละเอียดการคำนวณ ค่าในสมการที่ (5-21) ถึง (5-23) มีสดมภ์แรกแสดงค่าช่วงเวลาของข้อมูล สดมภ์ที่ 2 แสดงค่าข้อมูลจริงที่อยู่ในอนุกรม , สดมภ์ที่ 3 แสดงค่าในสมการ (5-21) ณ เวลา T, สดมภ์ที่ 4 แสดงค่าในสมการ (5-22) ณ เวลา T, สดมภ์ที่ 5 แสดงค่า Seasonal Factor สมการ (5-23) ณ เวลา T ส่วนสดมภ์สุดท้ายแสดงค่าการพยากรณ์เมื่อกำหนดให้ Alpha = 0.8 , Beta = 0.2 และ Gamma = 0.7

ตาราง จ-3 แสดงรายละเอียด การคำนวณค่าความแตกต่างและค่าความแตกต่างกำลังสองที่ได้จากค่าของข้อมูลจริง เปรียบเทียบกับค่าการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 14 ถึง 60 สำหรับค่า Alpha = 0.8 , Beta = 0.2 และ Gamma = 0.7

ตารางที่ จ-1

แสดงการหาค่า Alpha Beta และ Gamma

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .10 GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .940741E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .10 GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .938782E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .10 GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .953032E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .20 GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .921920E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .20 GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .921876E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .20 GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .938301E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .30 GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .915957E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .30 GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .916433E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .30 GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .933444E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .40 GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .914399E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .40 GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .914039E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .70 BETA = .40 GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .930072E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .80 BETA = .10 GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .881350E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .80 BETA = .10 GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .873576E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .80 BETA = .10 GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .880857E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .80 BETA = .20 GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .877760E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .80 BETA = .20 GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .871449E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .80 BETA = .20 GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .880673E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .80 BETA = .30 GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .879617E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .80 BETA = .30 GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .874170E+07

VALUE OF PARAMETERS ALPHA = .80 BETA = .30 GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 = .884582E+07

VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.80	BETA =	.40	GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.883267E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.80	BETA =	.40	GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.877707E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.80	BETA =	.40	GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.888126E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.10	GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.891181E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.10	GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.882605E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.10	GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.890595E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.20	GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.896571E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.20	GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.888921E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.20	GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.898251E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.30	GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.900989E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.30	GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.894095E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.30	GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.904528E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.40	GAMMA = .60
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.905384E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.40	GAMMA = .70
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.898736E+07			
VALUE OF PARAMETERS	ALPHA =	.90	BETA =	.40	GAMMA = .80
SUM SQUARE ERROR FROM PERIOD 14 TO 60 =		.909628E+07			

ตารางที่ จ-2

แสดงการคำนวณค่าพยากรณ์

1 1 1

PERIOD	OBSERVED	ALPHA T	BETA T	SEASON INDEX	FORECAST
1	1300.00			.765	
2	1600.00			.941	
3	2200.00			1.294	
4	1900.00			1.118	
5	1400.00			.824	
6	1700.00			1.000	
7	1700.00			1.000	
8	1700.00			1.000	
9	1700.00			1.000	
10	2000.00			1.176	
11	1300.00			.765	
12	1900.00			1.118	
13	1600.00	1600.00	-38.19	.765	
14	1700.00	1671.81	49.81	.964	1469.93
15	1200.00	1483.05	-141.04	1.149	2227.97
16	1100.00	1496.12	-17.76	1.003	1499.90
17	1400.00	1551.10	40.43	.847	1217.47
18	900.00	1388.53	-121.97	.894	1591.53
19	800.00	1368.40	-40.50	.875	1266.57
20	1300.00	1387.12	6.88	.981	1327.90
21	1400.00	1384.19	-.96	1.003	1394.00
22	1000.00	1278.13	-85.05	1.058	1627.33
23	1600.00	1509.00	167.69	.853	912.36
24	900.00	1234.10	-186.38	1.001	1873.95
25	900.00	1371.77	72.86	.732	801.20
26	1500.00	1350.37	-2.55	1.008	1392.45
27	1700.00	1378.34	21.87	1.174	1548.14
28	800.00	1244.71	-102.53	.895	1404.30
29	600.00	1219.43	-40.73	.741	967.71
30	1300.00	1298.81	55.36	.926	1054.29
31	1100.00	1246.08	-31.11	.878	1185.42
32	1700.00	1368.28	91.54	1.060	1192.07
33	1600.00	1340.30	-4.08	1.061	1464.83
34	1000.00	1264.49	-61.46	.978	1414.06
35	1600.00	1435.74	124.71	.932	1026.65
36	1500.00	1348.49	-44.86	1.035	1562.22
37	800.00	1333.22	-21.18	.692	954.41
38	1500.00	1381.16	34.11	1.031	1322.48
39	1700.00	1367.23	-4.32	1.195	1661.59
40	1500.00	1432.49	51.34	.941	1219.62
41	1900.00	1617.96	158.64	.871	1099.04
42	1700.00	1534.47	-35.06	.981	1645.83
43	1200.00	1529.10	-11.31	.850	1315.88
44	1300.00	1477.71	-43.37	1.006	1608.16
45	1400.00	1480.89	-6.14	1.026	1521.16
46	1600.00	1516.81	27.51	1.001	1442.34
47	1300.00	1470.50	-31.54	.917	1438.83
48	1700.00	1530.30	41.53	1.057	1488.60
49	1100.00	1508.71	-8.97	.703	1088.49
50	1100.00	1427.44	-66.80	.953	1546.81
51	900.00	1346.04	-78.48	1.037	1625.76
52	1400.00	1437.32	57.32	.951	1192.20
53	1200.00	1379.61	-34.70	.870	1301.50
54	1700.00	1478.09	71.84	1.032	1319.14
55	1100.00	1383.90	-60.99	.833	1317.07
56	1000.00	1354.80	-35.48	.925	1330.32
57	800.00	1268.17	-76.40	.907	1353.59
58	500.00	1175.55	-89.38	.828	1193.04
59	1800.00	1404.35	165.17	1.027	996.45
60	1700.00	1312.88	-40.14	1.129	1659.64

ตารางที่ จ-3

แสดงการคำนวณค่าความผิดพลาด

PERIOD	OBSERVED	FORECAST	ERROR	SQUARE ERROR
14	1700.00	1469.93	.230065E+03	.529300E+05
15	1200.00	2227.97	-.102797E+04	.105672E+07
16	1100.00	1499.90	-.399899E+03	.159919E+06
17	1400.00	1217.47	.182527E+03	.333161E+05
18	900.00	1591.53	-.691535E+03	.478220E+06
19	800.00	1266.57	-.466565E+03	.217683E+06
20	1300.00	1327.90	-.279001E+02	.778418E+03
21	1400.00	1394.00	.600464E+01	.360557E+02
22	1000.00	1627.33	-.627330E+03	.393543E+06
23	1600.00	912.36	.687644E+03	.472854E+06
24	900.00	1873.95	-.973948E+03	.948575E+06
25	900.00	801.20	.988019E+02	.976181E+04
26	1500.00	1392.45	.107545E+03	.115660E+05
27	1700.00	1548.14	.151858E+03	.230609E+05
28	800.00	1404.30	-.604303E+03	.365182E+06
29	600.00	967.71	-.367711E+03	.135211E+06
30	1300.00	1054.29	.245715E+03	.603758E+05
31	1100.00	1185.42	-.854236E+02	.729719E+04
32	1700.00	1192.07	.507927E+03	.257990E+06
33	1600.00	1464.83	.135175E+03	.182722E+05
34	1000.00	1414.06	-.414057E+03	.171443E+06
35	1600.00	1026.65	.573348E+03	.328728E+06
36	1500.00	1562.22	-.622191E+02	.387122E+04
37	800.00	954.41	-.154412E+03	.238430E+05
38	1500.00	1322.48	.177517E+03	.315124E+05
39	1700.00	1661.59	.384092E+02	.147527E+04
40	1500.00	1219.62	.280376E+03	.786109E+05
41	1900.00	1099.04	.800955E+03	.641530E+06
42	1700.00	1645.83	.541727E+02	.293468E+04
43	1200.00	1315.88	-.115879E+03	.134280E+05
44	1300.00	1608.16	-.308159E+03	.949622E+05
45	1400.00	1521.16	-.121162E+03	.146802E+05
46	1600.00	1442.34	.157662E+03	.248572E+05
47	1300.00	1438.83	-.138830E+03	.192738E+05
48	1700.00	1488.60	.211397E+03	.446887E+05
49	1100.00	1088.49	.115133E+02	.132556E+03
50	1100.00	1546.81	-.446807E+03	.199637E+06
51	900.00	1625.76	-.725760E+03	.526728E+06
52	1400.00	1192.20	.207803E+03	.431821E+05
53	1200.00	1301.50	-.101497E+03	.103016E+05
54	1700.00	1319.14	.380862E+03	.145056E+06
~~55~~	~~1100.00~~	~~1317.07~~	-.217067E+03	.471181E+05
56	1000.00	1330.32	-.330317E+03	.109109E+06
57	800.00	1353.59	-.553594E+03	.306466E+06
58	500.00	1193.04	-.693045E+03	.480311E+06
59	1800.00	996.45	.803549E+03	.645691E+06
60	1700.00	1659.64	.403568E+02	.162867E+04

ตารางที่ จ-4

แสดงค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 12 ช่วงเวลา

FORECAST FOR THE NEXT 12 PERIOD

PERIOD	FORECAST
61	1345.82
62	867.11
63	1136.60
64	1194.93
65	1057.23
66	933.19
67	1064.53
68	826.41
69	880.58
70	827.10
71	721.77
72	853.38

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง จ-4 แสดงค่าการพยากรณ์ล่วงหน้าสำหรับช่วงเวลาที่ 61 ถึงช่วงเวลาที่ 72 หรือพยากรณ์ยอดขายผ้าอนามัยสำหรับปี 2528 ด้วยค่า Alpha =0.8 , Beta = 0.3 และ Gamma = 0.7

การทดสอบสมมุติฐานมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

Ho : μ_e = 15

HA : μ_e > 15

ค่า $\bar{X}_e$ และ S_e ของการพยากรณ์ด้วยเทคนิคของ Winter คือ 21.02 และ 3.93 ตามลำดับ รายละเอียดของการคำนวณอยู่ในตารางที่ 6.11 นำค่า $\bar{X}_e$ และ S_e แทนค่าในสมการ (ข-1)

$$\text{Ttest} = \frac{\bar{X}_e - \mu_e}{S_e/\sqrt{n}}$$

$$= \frac{21.02 - 15}{3.93/\sqrt{12}}$$

$$= \frac{6.02}{1.13}$$

$$= 5.31$$

ค่า Ttest ที่ได้มีค่า 5.31 ซึ่งมากกว่าค่า 1.796 ที่ตั้งไว้ ดังนั้นจึงต้องปฏิเสธสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ว่า เทคนิคของ Winter สามารถพยากรณ์ยอดขายของสินค้าผ้าอนามัย โดยมีความคลาดเคลื่อน ของการพยากรณ์เฉลี่ยต่ำกว่า ร้อยละ 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

แสดงรายละเอียดการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Adaptive filtering

ตารางที่ ฉ-1 แสดงให้เห็นถึงการดำเนินขบวนการหาค่าชุดตัวถ่วงน้ำหนักที่ทำให้ MSE ต่ำที่สุด โดยใน สดมภ์ที่ 1 เป็นจำนวนรอบของการใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา เพื่อดูค่า MSE ของรอบนั้น ๆ สำหรับสดมภ์ที่ 3 ถึง สดมภ์ที่ 14 เป็นค่าของชุด ถ่วงน้ำหนัก W1, ... W2 ทั้ง 12 ตัว จะพบว่าในการหาชุดถ่วงน้ำหนักรอบแรก ค่า MSE จะสูงและลดลงมาเรื่อยในรอบต่อไป พร้อมกับค่าของชุดตัวถ่วงน้ำหนักที่เปลี่ยนไป ในการค้นหาถึงรอบที่ 200 ให้ค่า MSE ลดลงจากรอบที่ 199 ในระดับที่พอใจแล้วจึงหยุด โดยเก็บค่าชุดตัวถ่วงน้ำหนักของรอบที่ 200 ไว้เพื่อการพยากรณ์ต่อไป

ตาราง ฉ-2 แสดงรายละเอียด การคำนวณค่าความแตกต่างและค่าความแตกต่างกำลังสองที่ได้จากค่าของข้อมูลจริงเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์ ช่วงเวลาที่ 13 ถึง ช่วงเวลาที่ 60 สำหรับรอบที่ 200

ตาราง ฉ-3 แสดงค่าการพยากรณ์ล่วงหน้าสำหรับช่วงเวลาที่ 61 ถึงช่วงเวลาที่ 72 หรือพยากรณ์ยอดขายผ้าอนามัยสำหรับปี 2528 โดยใช้ชุดตัวถ่วงน้ำหนักที่ได้ในรอบที่ 200

การทดสอบสมมุติฐานมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

$$H_o : \mu_e = 15$$

$$H_A : \mu_e > 15$$

ค่า $\bar{X}_e$ และ S_e ของการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Adaptive filtering คือ 21.51 และ 3.89 ตามลำดับรายละเอียดของการคำนวณอยู่ใน

จำนวนรอบ	MSE	parameter											
1	.1497363E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
2	.1495989E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
3	.1494643E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
4	.1493325E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
5	.1492035E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
6	.1490770E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
7	.1489533E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
8	.1488320E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
9	.1487133E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
10	.1485970E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
11	.1484831E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
12	.1483715E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
13	.1482623E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083
14	.1481552E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.082	.083
15	.1480503E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.082	.082	.083
16	.1479475E+06	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.083	.082	.083	.082	.082	.082
17	.1478468E+06	.083	.082	.083	.083	.083	.083	.083	.082	.083	.082	.082	.082
18	.1477482E+06	.083	.082	.083	.082	.083	.083	.083	.082	.083	.082	.082	.082
19	.1476515E+06	.083	.082	.083	.082	.083	.083	.083	.082	.082	.082	.082	.082
20	.1475568E+06	.083	.082	.083	.082	.083	.083	.083	.082	.082	.082	.082	.082
21	.1474639E+06	.083	.082	.083	.082	.082	.083	.083	.082	.082	.082	.082	.082
22	.1473730E+06	.083	.082	.082	.082	.082	.083	.082	.082	.082	.082	.082	.082
23	.1472838E+06	.083	.082	.082	.082	.082	.083	.082	.082	.082	.082	.082	.082
24	.1471965E+06	.083	.082	.082	.082	.082	.083	.082	.082	.082	.082	.082	.082
25	.1471108E+06	.083	.082	.082	.082	.082	.083	.082	.082	.082	.082	.082	.082
26	.1470269E+06	.083	.082	.082	.082	.082	.083	.082	.082	.082	.082	.082	.082
27	.1469446E+06	.083	.082	.082	.082	.082	.083	.082	.082	.082	.082	.082	.082
28	.1468640E+06	.083	.082	.082	.082	.082	.083	.082	.082	.082	.082	.082	.082
29	.1467850E+06	.083	.082	.082	.082	.082	.083	.082	.082	.082	.082	.082	.082
30	.1467075E+06	.083	.082	.082	.082	.082	.083	.082	.082	.082	.082	.082	.082

ตารางที่ ฉ-1

แสดงการหาชุด parameter

31	.1466314E+06	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2
32	.1465570E+06	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2
33	.1464839E+06	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2
34	.1464123E+06	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B2
35	.1463421E+06	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B2
36	.1462732E+06	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B2
37	.1462057E+06	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B2
38	.1461395E+06	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B2
39	.1460745E+06	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B2
40	.1460108E+06	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
41	.1459484E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
42	.1458870E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
43	.1458269E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B2	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
44	.1457680E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
45	.1457101E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
46	.1456533E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
47	.1455977E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
48	.1455430E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
49	.1454893E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
50	.1454367E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1
51	.1453851E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B3	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1
52	.1453344E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1
53	.1452846E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1
54	.1452358E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1
55	.1451878E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B2	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1
56	.1451407E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1
57	.1450945E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B0	.0B1
58	.1450491E+06	.0B2	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
59	.1450046E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
60	.1449609E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B2	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1

61	.1449179E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
62	.1448757E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
63	.1448343E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
64	.1447936E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
65	.1447536E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
66	.1447144E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
67	.1446758E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
68	.1446379E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
69	.1446007E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
70	.1445641E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B1
71	.14452B1E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
72	.1444928E+06	.0B2	.0B1	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
73	.14445B2E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
74	.1444240E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
75	.1443905E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
76	.1443575E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
77	.1443251E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
78	.1442932E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B1	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
79	.1442619E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
B0	.1442311E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
B1	.144200BE+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
B2	.1441710E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
B3	.1441418E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
B4	.1441129E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
B5	.1440B46E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.0B0	.0B0
B6	.1440567E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.079	.0B0
B7	.1440293E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.079	.0B0
B8	.1440023E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.0B0	.079	.0B0
B9	.143975BE+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.079	.079	.0B0
90	.1439496E+06	.0B2	.0B0	.0B1	.0B0	.0B1	.0B2	.0B1	.0B0	.0B1	.079	.079	.0B0

91	.1439239E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.082	.081	.080	.081	.079	.079	.080
92	.1438986E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.082	.081	.080	.081	.079	.079	.080
93	.1438738E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.082	.081	.080	.081	.079	.079	.080
94	.1438493E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.081	.079	.079	.080
95	.1438251E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.081	.079	.079	.080
96	.1438014E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.081	.079	.079	.080
97	.1437780E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.081	.079	.079	.080
98	.1437550E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.081	.079	.079	.080
99	.1437324E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.081	.079	.079	.080
100	.1437101E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.081	.079	.079	.080
101	.1436880E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.081	.079	.079	.080
102	.1436664E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.080	.079	.079	.080
103	.1436451E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.080	.079	.079	.080
104	.1436240E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.080	.079	.079	.080
105	.1436033E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.080	.079	.079	.080
106	.1435830E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.080	.079	.079	.080
107	.1435628E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.080	.080	.079	.079	.080
108	.1435430E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.080
109	.1435235E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.080
110	.1435043E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.080
111	.1434854E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.080
112	.1434667E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.080
113	.1434483E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.080
114	.1434301E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.080
115	.1434122E+06	.082	.080	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.080
116	.1433945E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.079
117	.1433772E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.079
118	.1433600E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.079
119	.1433430E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.079
120	.1433263E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.079

121	.1433099E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.079	.079
122	.1432936E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.078	.079
123	.1432775E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.078	.079
124	.1432617E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.078	.079
125	.1432461E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.078	.079
126	.1432307E+06	.082	.079	.081	.080	.081	.083	.081	.079	.080	.079	.078	.079
127	.1432155E+06	.082	.079	.081	.080	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
128	.1432005E+06	.082	.079	.081	.080	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
129	.1431857E+06	.082	.079	.081	.080	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
130	.1431710E+06	.082	.079	.081	.080	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
131	.1431566E+06	.082	.079	.081	.080	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
132	.1431423E+06	.082	.079	.081	.080	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
133	.1431282E+06	.082	.079	.081	.080	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
134	.1431143E+06	.082	.079	.081	.080	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
135	.1431005E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
136	.1430870E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
137	.1430735E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
138	.1430603E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
139	.1430472E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
140	.1430343E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
141	.1430215E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
142	.1430089E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
143	.1429964E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
144	.1429841E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
145	.1429718E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
146	.1429598E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
147	.1429478E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
148	.1429360E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
149	.1429244E+06	.082	.079	.081	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
150	.1429128E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079

151	.1429014E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
152	.1428902E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
153	.1428790E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
154	.1428679E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
155	.1428570E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
156	.1428462E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
157	.1428355E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
158	.1428249E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
159	.1428145E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
160	.1428041E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
161	.1427938E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
162	.1427836E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
163	.1427735E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
164	.1427636E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.079	.080	.078	.078	.079
165	.1427537E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.078	.079
166	.1427439E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.078	.079
167	.1427342E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.078	.079
168	.1427247E+06	.082	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.077	.079
169	.1427152E+06	.083	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.077	.079
170	.1427058E+06	.083	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.077	.079
171	.1426965E+06	.083	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.077	.079
172	.1426872E+06	.083	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.077	.079
173	.1426781E+06	.083	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.077	.079
174	.1426690E+06	.083	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.077	.079
175	.1426600E+06	.083	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.077	.079
176	.1426511E+06	.083	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.078	.077	.079
177	.1426423E+06	.083	.079	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.077	.077	.079
178	.1426335E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.077	.077	.079
179	.142624BE+06	.083	.078	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.077	.077	.079
180	.1426162E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.077	.077	.079

181	.1426077E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.077	.077	.079
182	.1425992E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.077	.077	.079
183	.1425908E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.083	.081	.078	.080	.077	.077	.079
184	.1425825E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.079
185	.1425743E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.079
186	.1425660E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.079
187	.1425579E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.079
188	.1425499E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.079
189	.1425419E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.079
190	.1425340E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
191	.1425261E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
192	.1425183E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
193	.1425105E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
194	.1425028E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
195	.1424952E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
196	.1424876E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
197	.1424801E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
198	.1424726E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
199	.1424652E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078
200	.1424578E+06	.083	.078	.080	.079	.080	.084	.081	.078	.080	.077	.077	.078

PERIOD	OBSERVED	FORECAST	ERROR	SQUARE ERROR
1	1300.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
2	1600.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
3	2200.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
4	1900.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
5	1400.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
6	1700.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
7	1700.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
8	1700.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
9	1700.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
10	2000.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
11	1300.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
12	1900.00	.00	.000000E+00	.000000E+00
13	1600.00	1624.97	-.249716E+02	.623579E+03
14	1700.00	1644.51	.554900E+02	.307914E+04
15	1200.00	1655.81	-.455812E+03	.207764E+06
16	1100.00	1575.38	-.475380E+03	.225986E+06
17	1400.00	1509.80	-.109804E+03	.120569E+05
18	900.00	1511.18	-.611183E+03	.373545E+06
19	800.00	1446.22	-.646217E+03	.417597E+06
20	1300.00	1373.10	-.731016E+02	.534384E+04
21	1400.00	1341.85	.581481E+02	.338120E+04
22	1000.00	1317.04	-.317040E+03	.100514E+06
23	1600.00	1238.07	.361934E+03	.130996E+06
24	900.00	1262.24	-.362238E+03	.131216E+06
25	900.00	1179.37	-.279370E+03	.780479E+05
26	1500.00	1129.69	.370315E+03	.137133E+06
27	1700.00	1115.61	.584388E+03	.341509E+06
28	800.00	1154.49	-.354486E+03	.125661E+06
29	600.00	1130.66	-.530663E+03	.281603E+06
30	1300.00	1065.12	.234878E+03	.551675E+05
31	1100.00	1095.85	.415247E+01	.172430E+02
32	1700.00	1122.62	.577381E+03	.333369E+06
33	1600.00	1157.70	.442304E+03	.195633E+06
34	1000.00	1167.87	-.167872E+03	.281810E+05
35	1600.00	1166.30	.433698E+03	.188094E+06
36	1500.00	1171.97	.328031E+03	.107604E+06
37	800.00	1216.55	-.416547E+03	.173512E+06
38	1500.00	1209.41	.290592E+03	.844437E+05
39	1700.00	1215.05	.484953E+03	.235179E+06
40	1500.00	1211.04	.288957E+03	.834961E+05
41	1900.00	1267.99	.632011E+03	.399438E+06
42	1700.00	1371.66	.328337E+03	.107805E+06
43	1200.00	1397.33	-.197333E+03	.389404E+05
44	1300.00	1408.02	-.108022E+03	.116688E+05
45	1400.00	1379.39	.206074E+02	.424666E+03
46	1600.00	1361.18	.238822E+03	.570358E+05
47	1300.00	1412.45	-.112450E+03	.126450E+05
48	1700.00	1387.16	.312837E+03	.978672E+05
49	1100.00	1400.53	-.300532E+03	.903193E+05
50	1100.00	1420.94	-.320941E+03	.103003E+06
51	900.00	1391.07	-.491070E+03	.241150E+06
52	1400.00	1325.99	.740112E+02	.547766E+04
53	1200.00	1320.78	-.120776E+03	.145869E+05
54	1700.00	1265.58	.434416E+03	.188717E+06
55	1100.00	1266.62	-.166622E+03	.27762BE+05
56	1000.00	1253.16	-.253157E+03	.640883E+05
57	800.00	1230.84	-.430839E+03	.185622E+06
58	500.00	1182.82	-.682819E+03	.466242E+06
59	1800.00	1095.91	.704093E+03	.495747E+06
60	1700.00	1142.20	.557798E+03	.311139E+06

ตารางที่ ฉ-2

แสดงการคำนวณค่าความผิดพลาด

ตารางที่ ฉ-3

แสดงการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 ช่วงเวลา

ERRORS FROM PERIOD 13 TO PERIOD 60

SUM ERRORS = -.191094E+03
SUM SQUARE ERROR = .678043E+07

FORECAST FOR THE NEXT 12 PERIOD

PERIOD	FORECAST
61	1139.72
62	1139.79
63	1141.91
64	1158.89
65	1145.95
66	1143.83
67	1096.55
68	1097.33
69	1103.83
70	1125.09
71	1175.01
72	1126.94

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.14 นำค่า $\overline{X}_e$ และ S_e แทนค่าในสมการ (ข-1)

$$\text{Ttest} = \frac{\overline{X}_e - \mu_e}{S_e/\sqrt{n}}$$

$$= \frac{21.51 - 15}{3.93/\sqrt{12}}$$

$$= \frac{6.51}{1.12}$$

$$= 5.79$$

ค่า Ttest ที่ได้มีค่า 5.79 ซึ่งมากกว่าค่า 1.796 ที่ตั้งไว้ ดังนั้นจึงต้องปฏิเสธสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ ว่า เทคนิคของ Adaptive filtering สามารถพยากรณ์ ยอดขายของสินค้าผ้าอนามัย โดยมีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ เฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช.

แสดงรายละเอียดการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Box-Jenkins

รูปที่ ช-1 ถึง ช-6 เป็นการแสดงค่าและแสดงการกระจายของค่า Autocorrelation และ Partial Autocorrelation โดยรูปที่ ช-1 และ ช-2 เป็นการแสดงค่า Autocorrelation และ Partial Autocorrelation ของข้อมูลจริงตามลำดับ ส่วนรูปที่ ช-3 และ ช-4 เป็นการแสดงค่า Autocorrelation และ Partial Autocorrlation ของ first difference ตามลำดับและรูปที่ ช-5 และ ช-6 เป็นการแสดงค่า Autocorrelation และ Partial Autocorrelation ของ Second difference ตามลำดับ พิจารณาแล้วพบว่าข้อมูลนี้มีลักษณะ Stationary แล้ว ไม่มีทางโน้มไปทางใดทางหนึ่ง และไม่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

รูปที่ ช-7 ถึง ช-9 เป็นการประมาณค่า parameters ของรูปแบบ ARMA (1,1) โดยรูปที่ ช-7 เป็นการแสดงการคำนวณหาค่า parameters ต่าง ๆ ตลอดจนค่า ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับรูปที่ ช-8 เป็นการแสดงถึงการกระจายของ residual ที่ได้จาก รูปแบบ ARMA (1,1) และในรูปที่ ช-9 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการนำเอาข้อมูลของ residual ไปหาค่า Autocorrelation เพื่อพิจารณาความสุ่ม

รูปที่ ช-10 ถึง ช-12 เป็นการประมาณค่า parameters ของรูปแบบ ARMA (2,1) โดยรูปที่ ช-10 เป็นการแสดงการคำนวณหาค่า parameters ต่าง ๆ ตลอดจนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับรูปที่ ช-11 เป็นการแสดงถึงการกระจายของ residual ที่ได้จากรูปแบบ AR,A (2,1) และในรูปที่ ช-12 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการนำเอาข้อมูลของ residual ไปหาค่า Autocorrelation เพื่อพิจารณาความสุ่ม

รูปที่ ช-1

แสดง Autocorrelation ของข้อมูลจริง

VARIABLE - NAPKIN SERIES LENGTH - 60
DEGREE OF NONSEASONAL DIFFERENCING 0 DEGREE OF SEASONAL DIFFERE

MEAN VALUE OF THE PROCESS
0.137500+04

STANDARD DEVIATION OF THE PROCESS
0.370420+03

AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN
AUTOCORRELATIONS *
TWO-STANDARD-ERROR LIMITS .

LAG	AUTO. CORR.	STAND. ERR.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	0.286	0.125						.*			
2	0.078	0.124						*			
3	0.160	0.123						*			
4	0.069	0.122						*			
5	0.099	0.120						.*			
6	0.308	0.119						*			
7	0.133	0.118						*			
8	-0.025	0.117					*				
9	0.059	0.116					*				
10	-0.104	0.115				*					
11	-0.153	0.114				*					
12	-0.119	0.112				*					
13	-0.019	0.111				*					
14	-0.114	0.110				*					
15	-0.131	0.109			*						
16	-0.285	0.108			*						
17	-0.300	0.106				*					
18	-0.042	0.105				*					
19	-0.083	0.104				*					
20	-0.064	0.102				*					
21	-0.009	0.101				*					
22	-0.122	0.100				*					
23	-0.096	0.098				*					
24	-0.031	0.097				*					
25	-0.134	0.096				*					

รูปที่ ช-2

แสดง Partial Autocorrelation ของข้อมูลจริง

PARTIAL AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN
PARTIAL AUTOCORRELATIONS *
TWO STANDARD ERROR LIMITS .

LAG	PR-AUT CORR.	STAND. ERR.	-1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1
1	0.286	0.129	
2	-0.004	0.129	
3	0.151	0.129	
4	-0.019	0.129	
5	0.089	0.129	
6	0.265	0.129	
7	-0.030	0.129	
8	-0.085	0.129	
9	0.020	0.129	
10	-0.178	0.129	
11	-0.119	0.129	
12	-0.177	0.129	
13	0.060	0.129	
14	-0.077	0.129	
15	-0.072	0.129	
16	-0.208	0.129	
17	-0.088	0.129	
18	0.184	0.129	
19	-0.063	0.129	
20	0.072	0.129	
21	0.089	0.129	
22	-0.028	0.129	
23	0.083	0.129	
24	-0.130	0.129	
25	-0.123	0.129	

รูปที่ ข-3

แสดง Autocorrelation ของ Different ที่ 1

VARIABLE - NAPKIN SERIES LENGTH - 59
DEGREE OF NONSEASONAL DIFFERENCING - 1 DEGREE OF SEASONAL DIFFERENCI

MEAN VALUE OF THE PROCESS
0.67797D+01

STANDARD DEVIATION OF THE PROCESS
0.44412D+03

AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN
AUTOCORRELATIONS *
TWO STANDARD ERROR LIMITS .

LAG	AUTO. CORR.	STAND. ERR.	-1 .75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1
1	-0.358	0.126	
2	-0.164	0.125	
3	0.112	0.124	
4	-0.094	0.122	
5	-0.127	0.121	
6	0.254	0.120	
7	0.003	0.119	
8	-0.177	0.118	
9	0.191	0.117	
10	-0.091	0.115	
11	-0.054	0.114	
12	-0.066	0.113	
13	0.151	0.112	
14	-0.067	0.111	
15	0.101	0.109	
16	-0.093	0.108	
17	-0.194	0.107	
18	0.196	0.105	
19	-0.044	0.104	
20	-0.015	0.103	
21	0.110	0.101	
22	-0.089	0.100	
23	-0.013	0.099	
24	0.099	0.097	
25	-0.118	0.096	

รูปที่ ข-4

แสดง Partial Autocorrelation ของ Different ที่ 1

PARTIAL AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN
PARTIAL AUTOCORRELATIONS *
TWO STANDARD ERROR LIMITS .

LAG	PR-AUT CORR.	STAND. ERR.	-1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1
1	-0.358	0.130	
2	-0.336	0.130	
3	-0.112	0.130	
4	-0.184	0.130	
5	-0.305	0.130	
6	0.003	0.130	
7	0.067	0.130	
8	-0.087	0.130	
9	0.115	0.130	
10	0.021	0.130	
11	0.054	0.130	
12	-0.192	0.130	
13	-0.011	0.130	
14	-0.020	0.130	
15	0.085	0.130	
16	-0.084	0.130	
17	-0.294	0.130	
18	-0.015	0.130	
19	-0.115	0.130	
20	-0.125	0.130	
21	0.005	0.130	
22	-0.105	0.130	
23	0.112	0.130	
24	0.054	0.130	
25	-0.012	0.130	

รูปที่ ข-5

แสดง Autocorrelation ของ Different ที่ 2

VARIABLE - NAPKIN SERIES LENGTH - 58
DEGREE OF NONSEASONAL DIFFERENCING - 2 DEGREE OF SEASONAL DIFFERE

MEAN VALUE OF THE PROCESS
-0.689660+01

STANDARD DEVIATION OF THE PROCESS
0.737160+03

AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN
AUTOCORRELATIONS *
TWO STANDARD ERROR LIMITS .

LAG	AUTO. CORR.	STAND. ERR.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	-0.571	0.127			*	.	:	.			
2	-0.027	0.126				.	*	: .			
3	0.181	0.125				.	:	* .			
4	-0.071	0.123				.	*	: .			
5	-0.152	0.122				. *	:	.			
6	0.237	0.121				.	:	*			
7	-0.029	0.120				.	*	: .			
8	-0.203	0.119				.*	:	.			
9	0.247	0.117				.	:	*			
10	-0.130	0.116				. *	:	.			
11	0.025	0.115				.	*	.			
12	-0.085	0.114				. *	:	.			
13	0.164	0.112				.	:	* .			
14	-0.145	0.111				.*	:	.			
15	0.130	0.110				.	:	* .			
16	-0.027	0.109				.	*	: .			
17	-0.188	0.107				*	:	.			
18	0.228	0.106				.	:	. *			
19	-0.094	0.104				. *	:	.			
20	-0.033	0.103				.	*	: .			
21	0.112	0.102				.	:	* .			
22	-0.087	0.100				. *	:	.			
23	-0.025	0.099				.	*	.			
24	0.118	0.097				.	:	* .			
25	-0.095	0.096				. *	:	.			

รูปที่ ข-6

แสดง Partial Autocorrelation ของ Different ที่ 2

PARTIAL AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN
PARTIAL AUTOCORRELATIONS *
TWO STANDARD ERROR LIMITS .

LAG	PR-AUT CORR.	STAND. ERR.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	-0.571	0.131			*	.	:	.			
2	-0.525	0.131			*	.	:	.			
3	-0.293	0.131				* .	:	.			
4	-0.169	0.131				. *	:	.			
5	-0.399	0.131			*	.	:	.			
6	-0.298	0.131				* .	:	.			
7	-0.072	0.131				.	* :	.			
8	-0.215	0.131				.*	:	.			
9	-0.048	0.131				.	* :	.			
10	-0.060	0.131				.	* :	.			
11	0.157	0.131				.	:	* .			
12	-0.075	0.131				.	* :	.			
13	-0.037	0.131				.	* :	.			
14	-0.086	0.131				.	* :	.			
15	0.093	0.131				.	:	* .			
16	0.229	0.131				.	:	*			
17	-0.101	0.131				.	* :	.			
18	-0.000	0.131				.	*	.			
19	-0.018	0.131				.	*	.			
20	-0.130	0.131				.	* :	.			
21	-0.009	0.131				.	*	.			
22	-0.174	0.131				.	* :	.			
23	-0.044	0.131				.	* :	.			
24	0.023	0.131				.	*	.			
25	0.038	0.131				.	:*	.			

รูปที่ ข-7

แสดงค่า Parameter รูปแบบ ARMA (1,1)

*** OPTIMIZATION SEARCH CONVERGED IN 56 ITERATIONS

NO. OF ITERATIONS = 56 FUNCTION VALUE = 0.7699745D+07

ESTIMATED OVERALL CONSTANT
-0.34660D+01

LAG	AUTOREGRESSIVE PARM
1	0.10000D+01

LAG	MOVING AVERAGE PARM
1	0.10040D+01

RESIDUAL VARIANCE
.10845D+06

NONLINEAR ESTIMATION RESULTS

PAR	LAG	ESTIMATE	STD ERROR	T RATIO
CON		-3.4660	27.247	.12721
AR	1	1.0000	.19158D-01	52.199
MA	1	1.0040	.18621D-01	53.918

COVARIANCE MATRIX OF THE ESTIMATES

PAR	LAG			
CON		742.42	-.51926	.23089D-01
AR	1	-.51926	.36701D 03	-.52315D-04
MA	1	.23089D-01	-.52315D-04	.34674D-03

CORRELATION MATRIX OF THE ESTIMATES

PAR	LAG			
CON		1.00000	-0.99477	0.04551
AR	1	-0.99477	1.00000	0.14665
MA	1	0.04551	0.14665	1.00000

MEAN VALUE OF RESIDUAL SERIES
0.12841D+02

STANDARD DEVIATION OF RESIDUAL SERIES
0.32906D+03

VARIANCE OF RESIDUAL SERIES
0.10828D+06

DIAGNOSTIC CHI-SQUARE STATISTICS FOR RESIDUAL SERIES OF VARIABLE NAPKIN

LAG	CHI-SQ.	D.F.	PROB.
6	13.09	3	0.0044
12	18.41	9	0.0307
18	36.89	15	0.0013
24	42.92	21	0.0032
25	46.29	22	0.0018

รูปที่ ช-8

แสดงการกระจายของ Residual

GRAPHIC DISPLAY OF RESIDUAL SERIES FOR VARIABLE NAPKIN
DATA *
MEAN - .

OBS	DATA	-750.00	-250.00	250.00	750.00	1250.00
1	129.010	:		*		
2	732.992	:		.	*	
3	439.390	:		. *		
4	-55.3860	:		.	*	
5	247.858	:		.	*	
6	252.316	:		.	*	
7	256.791	:		.	*	
8	261.284	:		.		*
9	565.796	:		.		
10	-128.475	:	*	.		
11	474.477	:		.	*	
12	179.841	:		.	*	
13	284.026	:		.		
14	-211.372	:	*	.		
15	-308.751	:	*	.		
16	-6.52017	:		*		
17	-503.080	:	*	.		
18	-601.627	:	*	.		
19	-100.567	:		*		
20	2.49672	:		.		
21	-394.027	:	*	.		
22	207.863	:		.	*	
23	-487.840	:	*	.		
24	-486.325	:	*	.		
25	115.195	:		.	*	
26	319.122	:		.		
27	576.135	:		.		
28	-774.974	:	*	.		
29	-74.6076	:		*		
30	-271.443	:	*	.		
31	330.940	:		.	*	
32	235.730	:		.		
33	-359.861	:	*	.		
34	242.165	:		.	*	
35	146.600	:		.	*	
36	-549.347	:	*	.		
37	151.921	:		.	*	
38	355.995	:		.		
39	160.885	:		.	*	
40	564.994	:		.		*
41	370.720	:		.	*	
42	-124.331	:		*		
43	-21.3620	:		. *		
44	32.0186	:		.	*	
45	285.813	:		.		
46	-9.57804	:		.		*
47	393.350	:		.		
48	-201.109	:		*		
49	-198.447	:		*		
50	-395.775	:	*	.		
51	106.108	:		. *		
52	-90.0018	:		*		
53	413.104	:		.		*
54	181.777	:		.	*	
55	-279.033	:	*	.		
56	-476.689	:	*	.		
57	-775.120	:	*	.		
58	525.236	:		.		*
59	430.803	:		.	*	

รูปที่ ข-9

แสดง Autocorrelation ของ Residual

RESIDUAL AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN
AUTOCORRELATIONS *
TWO STANDARD ERROR LIMITS .

LAG	AUTO. CORR.	STAND. ERR.
1	0.230	0.115
2	0.005	0.115
3	0.120	0.114
4	0.040	0.113
5	0.075	0.112
6	0.307	0.111
7	0.122	0.110
8	0.039	0.109
9	0.056	0.108
10	-0.099	0.108
11	-0.151	0.107
12	-0.102	0.106
13	0.005	0.105
14	-0.089	0.104
15	-0.115	0.103
16	-0.286	0.102
17	-0.301	0.101
18	-0.034	0.100
19	-0.094	0.099
20	-0.082	0.098
21	-0.022	0.097
22	-0.154	0.096
23	-0.121	0.095
24	-0.053	0.094
25	-0.173	0.093

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ข-10

แสดงค่า Parameter รูปแบบ ARMA (2,1)

*** OPTIMIZATION SEARCH CONVERGED IN 37 ITERATIONS

NO. OF ITERATIONS = 37 FUNCTION VALUE = 0.7451844D+07

ESTIMATED OVERALL CONSTANT
0.16877D+03

LAG	AUTOREGRESSIVE PARM
1	0.10080D+01
2	-0.13000D+00

LAG	MOVING AVERAGE PARM
1	0.75325D+00

RESIDUAL VARIANCE
.10645D+06

NONLINEAR ESTIMATION RESULTS

PAR	LAG	ESTIMATE	STD ERROR	T RATIO
CON		168.77	361.98	.46625
AR	1	1.0080	.45112	2.2344
AR	2	-.13000	.21609	-.60161
MA	1	.75325	.42765	1.7614

COVARIANCE MATRIX OF THE ESTIMATES

PAR	LAG				
CON		.13103D+06	156.18	62.205	151.45
AR	1	156.13	.20351	-.91381D-01	.18604
AR	2	62.205	-.91381D-01	.46693D-01	-.77331D-01
MA	1	151.45	.18604	-.77331D-01	.18289

CORRELATION MATRIX OF THE ESTIMATES

PAR	LAG				
CON		1.00000	-0.95638	0.79527	-0.97834
AR	1	0.95533	1.00000	-0.93742	0.96430
AR	2	0.79527	-0.93742	1.00000	-0.83683
MA	1	-0.97834	0.96430	0.83633	1.00000

MEAN VALUE OF RESIDUAL SERIES
-0.16067D+01

STANDARD DEVIATION OF RESIDUAL SERIES
0.32627D+03

VARIANCE OF RESIDUAL SERIES
0.10645D+06

DIAGNOSTIC CHI SQUARE STATISTICS FOR RESIDUAL SERIES OF VARIABLE NAPKIN

LAG	CHI-SQ.	D.F.	PROB.
6	7.73	2	0.0210
12	12.06	8	0.1434
18	23.07	14	0.0591
24	25.17	20	0.1452
25	27.36	21	0.1591

รูปที่ ข-11

แสดงการกระจายของ Residual

GRAPHIC DISPLAY OF RESIDUAL SERIES FOR VARIABLE NAPKIN
DATA = *
MEAN = .

OBS	DATA	-700.00	-200.00	300.00	800.00	1300.00
1	754.432			.	*	
2	289.902			. *		
3	-179.606		*	.		
4	231.737			. *		
5	174.181			. *		
6	169.827			. *		
7	166.548			. *		
8	464.078			.	*	
9	-314.203		*	.		
10	444.148			.	*	
11	19.5799			. *		
12	180.174			. *		
13	-338.659		*	.		
14	-312.469		*	.		
15	43.0580			. *		
16	-504.541		*	.		
17	-474.020		*	.		
18	84.7696			. *		
19	88.6781			. *		
20	-344.178		*	.		
21	345.973			.	*	
22	-490.970		*	.		
23	-337.798		*	.		
24	286.579			. *		
25	352.091			. *		
26	-622.162	*		.		
27	-622.818	*		.		
28	161.288			. *		
29	-179.685		*	.		
30	456.073			.	*	
31	204.166			. *		
32	-406.787		*	.		
33	324.313			. *		
34	93.0911			. *		
35	-602.654	*		.		
36	265.876			. *		
37	323.497			. *		
38	56.2994			. *		
39	482.633			.	*	
40	174.561			. *		
41	-303.881		*	.		
42	-36.2728			* .		
43	11.8404			*		
44	197.944			. *		
45	-150.473			* .		
46	315.481			.	*	
47	375.738		*	.		
48	-239.599			* .		
49	415.053		*	.		
50	154.337			. *		
51	-146.983			* .		
52	393.137			.	*	
53	-330.264		*	.		
54	-305.331		*	.		
55	-463.765		*	.		
56	694.506	*		.		
57	703.089			.	*	
58	315.193			.	*	

รูปที่ ข-12

แสดง Autocorrelation ของ Residual

RESIDUAL AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN

AUTOCORRELATIONS *

TWO STANDARD ERROR LIMITS .

LAG	AUTO. CORR.	STAND. ERR.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	0.013	0.116					*				
2	-0.110	0.115				*					
3	0.067	0.114					*				
4	-0.047	0.114				*					
5	-0.021	0.113					*				
6	0.282	0.112									*
7	0.074	0.111					*				
8	-0.091	0.110				*					
9	0.097	0.109					*				
10	-0.095	0.108				*					
11	-0.119	0.107				*					
12	-0.073	0.106				*					
13	0.077	0.105					*				
14	-0.051	0.104				*					
15	-0.017	0.104					*				
16	-0.205	0.103				*					
17	-0.245	0.102				*					
18	0.080	0.101					*				
19	-0.035	0.100				*					
20	-0.020	0.099					*				
21	0.063	0.098					*				
22	-0.101	0.097				*					
23	-0.061	0.096				*					
24	0.023	0.094					*				
25	0.140	0.093				*					

รูปที่ ช-13 ถึง ช-15 เป็นการประมาณค่า parameters ของรูปแบบ ARMA (1,2) โดยรูปที่ ช-13 เป็นการแสดงการคำนวณหาค่า parameter ต่าง ๆ ตลอดจนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับรูปที่ ช-14 เป็นการแสดงถึงการกระจายของ residual ที่ได้จากรูปแบบ ARMA (1,2) และในรูปที่ช-15 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการนำเอาข้อมูลของ residual ไปหาค่า autacorrelation เมื่อพิจารณาความสุ่ม

รูปที่ ช-16 ถึง ช-18 เป็นการประมาณค่า parametons ของรูปแบบ ARMA (2,2) โดยรูปที่ ช-16 เป็นการคำนวณหาค่า parameter ต่าง ๆ ตลอดจนค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับ รูปที่ ช-17 เป็นการแสดงถึงการกระจายของ residual ที่ได้จากรูปแบบ ARMA (2,2) และในรูปที่ ช-18 เป็นการแสดงให้เห็นถึงการนำเอาข้อมูลของ residual ไปหาค่า Autocorrelation เพื่อพิจารณาความสุ่ม

จากรูปแบบทั้ง 4 จะพบว่าสามารถใช้รูปแบบใดรูปแบบหนึ่งในการพยากรณ์ได้ แต่รูปแบบ ARMA (1,2) ให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด จึงเลือกรูปแบบ ARMA (1,2) เพื่อทำการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 ช่วงเวลา ซึ่งได้ผลดังแสดงในตาราง ช-1

การทดสอบสมมุติฐานมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

Ho : $\mu_e = 15$

HA : $\mu_e > 15$

ค่า $\bar{X}_e$ และ S_e ของการพยากรณ์ด้วยเทคนิค Box-Jenkins โดยใช้รูปแบบ ARMA (1,2) คือ 42.52 และ 4.74 ตามลำดับ รายละเอียดของการคำนวณอยู่ในตารางที่ 6.17 นำค่า $\bar{X}_e$ และ S_e แทนค่าในสมการ (ข-1)

รูปที่ ข-13

แสดงค่า Parameter รูปแบบ ARMA (1,2)

*** OPTIMIZATION SEARCH CONVERGED IN 43 ITERATIONS

NO. OF ITERATIONS = 43 FUNCTION VALUE = 0.7412954D+07

ESTIMATED OVERALL CONSTANT
0.16191D+03

LAG	AUTOREGRESSIVE PARM
1	0.88300D+00

LAG	MOVING AVERAGE PARM
1	0.53975D+00
2	0.15569D+00

RESIDUAL VARIANCE
.10441D+06

NONLINEAR ESTIMATION RESULTS

PAR	LAG	ESTIMATE	STD ERROR	T RATIO
CON		161.91	296.44	.54617
AR	1	.88300	.21182	4.1686
MA	1	.53975	.24974	2.3615
MA	2	.15569	.15771	.98716

COVARIANCE MATRIX OF THE ESTIMATES

PAR	LAG				
CON		87876.	-62.756	-65.351	-31.851
AR	1	-62.756	.44869D 01	.46721D-01	.22780D-01
MA	1	-65.351	.46721D 01	.62370D 01	.14150D-01
MA	2	-31.351	.22780D-01	.14150D-01	.24873D-01

CORRELATION MATRIX OF THE ESTIMATES

PAR	LAG				
CON		1.00000	0.99943	0.88274	-0.68129
AR	1	-0.99943	1.00000	0.88319	0.63190
MA	1	-0.88274	0.88319	1.00000	0.35925
MA	2	-0.68129	0.63190	0.35925	1.00000

MEAN VALUE OF RESIDUAL SERIES
-0.22425D+01

STANDARD DEVIATION OF RESIDUAL SERIES
0.32311D+03

VARIANCE OF RESIDUAL SERIES
0.10440D+06

DIAGNOSTIC CHI SQUARE STATISTICS FOR RESIDUAL SERIES OF VARIABLE NAPKIN

LAG	CHI SQ.	D.F.	PROB.
6	7.25	2	0.0267
12	11.60	8	0.1701
18	22.59	14	0.0674
24	24.68	20	0.2059
25	27.02	21	0.1703

รูปที่ ข-14

แสดงการกระจาย ของ Residual

GRAPHIC DISPLAY OF RESIDUAL SERIES FOR VARIABLE NAPKIN
DATA *
MEAN .

OBS	DATA	-700.00	-200.00	300.00	800.00	1300.00
1	222.769			*		
2	737.739				*	
3	265.258			*		
4	-163.313		*			
5	243.930			*		
6	154.643			*		
7	166.175			*		
8	159.073			*		
9	456.679				*	
10	-333.813		*			
11	464.427				*	
12	-17.6800			*		
13	187.173			*		
14	-355.373		*			
15	-301.946		*			
16	33.3949			*		
17	-525.420		*			
18	-461.273		*			
19	77.8576			*		
20	64.2956			*		
21	-348.065		*			
22	359.833				*	
23	-516.683		*			
24	-305.293		*			
25	282.904				*	
26	332.906				*	
27	-622.629		*			
28	-583.672		*			
29	167.133			*		
30	-202.106			*		
31	473.624				*	
32	184.849			*		
33	-391.954		*			
34	352.719				*	
35	72.2880			*		
36	-538.860		*			
37	295.669				*	
38	296.287				*	
39	57.7618			*		
40	493.783				*	
41	160.599			*		
42	-291.416			*		
43	-68.3647			*		
44	4.50662			*		
45	193.909				*	
46	-159.646			*		
47	326.232				*	
48	-395.465		*			
49	-215.541			*		
50	-421.943		*			
51	160.973			*		
52	-169.861			*		
53	403.971				*	
54	351.053			*		
55	-277.546			*		
56	-463.125		*			
57	-684.613	*				
58	720.742					*
59	267.1[illegible]				*	

รูปที่ ข-15

แสดง Autocorretation ของ Rosidual

RESIDUAL AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN

AUTOCORRELATIONS *

TWO STANDARD ERROR LIMITS .

LAG	AUTO. CORR.	STAND. ERR.	1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1
1	-0.019	0.115	
2	-0.081	0.115	
3	0.072	0.114	
4	-0.040	0.113	
5	-0.023	0.112	
6	0.278	0.111	
7	0.070	0.110	
8	-0.093	0.109	
9	0.103	0.108	
10	-0.101	0.108	
11	-0.106	0.107	
12	-0.078	0.106	
13	0.078	0.105	
14	-0.064	0.104	
15	-0.014	0.103	
16	-0.196	0.102	
17	-0.245	0.101	
18	0.083	0.100	
19	-0.045	0.099	
20	-0.025	0.098	
21	0.061	0.097	
22	-0.104	0.096	
23	-0.064	0.095	
24	0.024	0.094	
25	-0.138	0.093	

แสดง ค่า Parameter รูปแบบ ARMA (2,2)

*** OPTIMIZATION SEARCH CONVERGED IN 33 ITERATIONS

NO. OF ITERATIONS = 33 FUNCTION VALUE = 0.7396894D+07

ESTIMATED OVERALL CONSTANT
0.17092D+03

LAG	AUTOREGRESSIVE PARM
1	0.83144D+00
2	0.45000D 01

LAG	MOVING AVERAGE PARM
1	0.53350D+00
2	0.19737D+00

RESIDUAL VARIANCE
.10567D+06

NONLINEAR ESTIMATION RESULTS

PAR	LAG	ESTIMATE	STD ERROR	T RATIO
CON		170.92	423.37	.39900
AR	1	.83144	.98452	.84451
AR	2	.45000D 01	.74863	.60106D 01
MA	1	.53350	.97317	.54821
MA	2	.19737	.54525	.36291

COVARIANCE MATRIX OF THE ESTIMATES

PAR	LAG					
CON		.18350D+06	349.75	218.18	-347.00	117.02
AR	1	349.75	.96927	-.71769	.95102	-.47469
AR	2	218.18	-.71769	.56052	-.70145	.39020
MA	1	347.00	.95102	.70145	.94706	.47124
MA	2	117.02	.47469	.39020	-.47124	.29730

CORRELATION MATRIX OF THE ESTIMATES

PAR	LAG					
CON		1.00000	-0.82932	0.68030	-0.93238	0.50101
AR	1	-0.82932	1.00000	0.97369	0.99261	0.88428
AR	2	0.68030	0.97369	1.00000	0.96274	0.95587
MA	1	0.93238	0.99261	0.96274	1.00000	0.88808
MA	2	0.50101	0.88428	0.95587	0.88808	1.00000

MEAN VALUE OF RESIDUAL SERIES
-0.24663D+01

STANDARD DEVIATION OF RESIDUAL SERIES
0.32506D+03

VARIANCE OF RESIDUAL SERIES
0.10566D+06

DIAGNOSTIC CHI SQUARE STATISTICS FOR RESIDUAL SERIES OF VARIABLE NAPKIN

LAG	CHI SQ.	D.F.	PROB.
6	6.70	2	0.0033
12	11.20	7	0.1278
18	22.17	13	0.0529
24	24.47	19	0.1738
25	26.94	20	0.1437

รูปที่ ช-17

แสดงการกระจายของ Residual

GRAPHIC DISPLAY OF RESIDUAL SERIES FOR VARIABLE NAPKIN
DATA *
MEAN .

OBS	DATA	-700.00	-200.00	300.00	800.00	1300.00
1	735.208			*		
2	264.314			*		
3	-163.157			*		
4	244.827			*		
5	150.970			*		
6	168.126			*		
7	158.703			*		
8	457.073			*		
9	-335.037			*		
10	469.916			*		
11	24.7437			*		
12	193.067			*		
13	-358.256			*		
14	-298.069			*		
15	30.5920			*		
16	-527.089			*		
17	457.360			*		
18	75.1337			*		
19	61.7973			*		
20	-345.593			*		
21	362.499			*		
22	-521.208			*		
23	-297.545			*		
24	278.414			*		
25	331.084			*		
26	-620.137			*		
27	577.397			*		
28	163.203			*		
29	-206.069			*		
30	478.358			*		
31	180.567			*		
32	-386.730			*		
33	355.055			*		
34	66.6804			*		
35	-584.243			*		
36	297.334			*		
37	289.267			*		
38	61.4166			*		
39	495.431			*		
40	158.317			*		
41	-287.365			*		
42	-67.1247			*		
43	1.54053			*		
44	194.110			*		
45	-160.335			*		
46	329.074			*		
47	399.030			*		
48	-209.765			*		
49	-425.855			*		
50	162.532			*		
51	-172.760			*		
52	403.254			*		
53	354.782			*		
54	279.491			*		
55	-466.364			*		
56	-533.306			*		
57	720.491			*		
58	259.150			*		

รูปที่ ข-18

แสดง Autocorrelation ของ Residual

RESIDUAL AUTOCORRELATION FUNCTION FOR VARIABLE NAPKIN
AUTOCORRELATIONS *
TWO STANDARD ERROR LIMITS .

LAG	AUTO. CORR.	STAND. ERR.	1	.75	.5	.25	0	.25	.5	.75	1
1	-0.024	0.116					*				
2	0.073	0.115					*				
3	0.068	0.114					*				
4	-0.038	0.114					*				
5	-0.023	0.113					*				
6	0.276	0.112					*				
7	0.069	0.111					*				
8	-0.092	0.110					*				
9	0.102	0.109					*				
10	-0.103	0.108					*				
11	-0.103	0.107					*				
12	-0.080	0.106					*				
13	0.077	0.105					*				
14	-0.066	0.104					*				
15	-0.015	0.104					*				
16	-0.196	0.103					*				
17	-0.245	0.102				*					
18	0.083	0.101				*					
19	-0.047	0.100					*				
20	-0.026	0.099					*				
21	0.061	0.098					*				
22	-0.104	0.097					*				
23	-0.064	0.096					*				
24	0.024	0.094					*				
25	-0.136	0.093					*				

ตารางที่ ข-19

แสดงค่าการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 ช่วงเวลา

FORECASTS FOR VARIABLE IAPKIN WITH ORIGIN AT 60 AND 95.00% CONFIDENCE LIMITS

OBS	LOW CONF LIM	FORECAST	UPP CONF LIM	STAND ERROR
61	691.40	1393.3	2095.1	358.92
62	619.15	1350.6	2082.0	373.09
63	617.45	1354.5	2089.4	374.92
64	620.12	1357.9	2095.7	376.34
65	621.00	1360.9	2100.9	377.44
66	622.00	1363.6	2105.2	378.30
67	623.00	1366.0	2108.9	378.96
68	624.13	1368.1	2112.0	379.48
69	625.19	1369.9	2114.6	379.89
70	626.21	1371.5	2116.9	380.20
71	627.15	1373.0	2118.8	380.45
72	628.05	1374.3	2120.5	380.64

$$Ttest = \frac{\bar{X}_e - \mu_e}{S_e/\sqrt{n}}$$

$$Ttest = \frac{42.52 - 15}{4.74/\sqrt{12}}$$

$$= \frac{27.52}{1.36}$$

$$= 20.11$$

ค่า Ttest ที่ได้มีค่า 20.11 ซึ่งมากกว่า ค่า 1.796 ที่ตั้งไว้ ดังนั้นจึงต้องปฏิเสธสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ ว่าเทคนิคของ Box-Jenkins สามารถพยากรณ์ยอดขายของสินค้าผ้าอนามัย โดยมีความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช

ตารางที่ 1

จำนวนโรงงาน จำนวนเงินทุนและจำนวนคนงาน

ที่	บริษัทผู้ผลิต	เงินทุนจดทะเบียน	คนงาน		ผู้ถือหุ้น (ร้อยละ)	
		(บาท)	ชาย	หญิง	ไทย	ต่างชาติ
1	บริษัท คิมเบอร์ลี่ย์-คล๊าก ประเทศไทย จำกัด	22,000,000	173	129	–	สหรัฐอเมริกา 60 สวิสเซอร์แลนด์ 40
2	บริษัท จอห์นสันแอนด์ จอห์นสัน(ไทย)จำกัด	1,000,000	308	199	–	สหรัฐอเมริกา99.9 อิตาลี 0.1
3	บริษัท อนามัยภัณฑ์ จำกัด	4,000,000	45	55	100	–
4	บริษัท แซนนิต้าอุตสาหกรรม จำกัด	4,500,000	13	43	100	–
5	บริษัท นิน่าอุตสาหกรรม จำกัด	1,000,000	18	37	100	–
6	บริษัท ไทยยันฮีแมนูแฟค-เจอริ่ง จำกัด	3,000,000	8	22	100	–
7	บริษัท ไทยแนปกิ้นส์ จำกัด	400,000	17	13	100	–
8	ห้างหุ้นส่วนจำกัดวัฒนเสรีอุตสาหกรรม	1,000,000	1	10	100	–
	รวม	36,900,000	583	508	–	–

ที่มา: จากการสำรวจของกองเศรษฐกิจอุตสาหกรรมสำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 2

วัตถุดิบในการผลิตผ้าอนามัยและแหล่งที่มา

วัตถุดิบ	แหล่งที่มา
1. เยื่อกระดาษ (Wood Pulp)	สหรัฐอเมริกา สวีเดน นิวซีแลนด์ ออสเตรเลีย
2. กระดาษซิลิคอน (กระดาษปิดทับแถบกาว)	เยอรมัน และ ในประเทศ
3. กระดาษรองรับความชื้น (Tissue)	ในประเทศ
4. ผ้าใยเทียม	ในประเทศ
5. กาว	ในประเทศ
6. ผ้าใยเทียมไม่ทอ (Nonwoven Fabric) ผ้าห่อนอก	ในประเทศ
7. ผ้าใยเทียมไม่ทอ (Nonwoven Fabric) 14/3 ชั้นบน	ในประเทศ
8. โพลี่ลามิเนต	ในประเทศ
9. ด้ายทอหู	ไต้หวัน
10. ยางบยัด	ในประเทศ
11. ผ้าห่อสปันบอนด์ 9 ซ.ม.	สวิตเซอร์แลนด์
12. ผ้าห่อสปันบอนด์ 17 ซ.ม.	สวิตเซอร์แลนด์
13. พี.อี. (แผ่นกันซึมสีฟ้า)	ญี่ปุ่น และ ในประเทศ
14. โพลี่ฟิล์ม	สวีเดน และ สหรัฐอเมริกา
15. อื่น ๆ	

ที่มา: จากการสำรวจของกองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 3

รายชื่อ โรงงาน ที่ตั้ง และชื่อผลิตภัณฑ์

ชื่อ	ที่ตั้ง	ผลิตภัณฑ์
1. บริษัท คิมเบอร์ลี่-คล๊าก ประเทศไทย จำกัด	เลขที่ 54 หมู่ที่ 3 ตำบลบางขะแยง อำเภอเมือง จังหวัดปทุมธานี	โกเต็กซ์ (Kotex)
2. บริษัท จอห์นสัน แอนด์ จอห์นสัน ประเทศไทย จก.	เลขที่ 38 สุขุมวิท 69 แขวงคลองตัน เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร	โมเดส (Modess)
3. บริษัท อนามัยภัณฑ์ จำกัด	เลขที่ 437 ตำบลบางเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ	เซลล็อกซ์ (Cellox)
4. บริษัท นิน่า อุตสาหกรรม จำกัด	เลขที่ 14/4 หมู่ที่ 10 แขวงวังทองหลาง เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร	เลดี้ (Lady)
5. บริษัท แซนนิต้า อุตสาหกรรม จำกัด	เลขที่ 72/4 หมู่ที่ 1 แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร	แซนนิต้า (Sanita)
6. บริษัท ไทยยันฮี แมนูแฟคเจอริ่ง จำกัด	เลขที่ 10/4 ถนนบางนาตราด กม.7 ตำบลบางแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ	ซีเลีย (Celia)
7. บริษัท ไทยแนปกิ้นส์ จำกัด	เลขที่ 564 หมู่ที่ 11 ถนนสุขสวัสดิ์ แขวงบางปะกอก กรุงเทพมหานคร	แวนด้า
8. ห้างหุ้นส่วนจำกัด วัฒนเสรีอุตสาหกรรม	เลขที่ 98/3 หมู่ที่ 8 แขวงบางแค เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร	

ที่มา : จากการสำรวจของกองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม

บรรณานุกรม

วิชิต หล่อจิระชุณห์กุล และคณะ. เทคนิคการพยากรณ์เชิงสถิติ. กรุงเทพมหานคร: โครงการส่งเสริมเอกสารวิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

สมภพ เจริญกุล. การตัดสินใจในทางการตลาดโดยอาศัยเทคนิคเชิงปริมาณ. กรุงเทพมหานคร: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

อุมาพร ชูโชติรส. รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมผ้าอนามัย. กรุงเทพมหานคร: ฝ่ายนโยบาย 1 กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง-อุตสาหกรรม, 2528.

บุญเกิด สุทวีทรัพย์. บรรณาธิการ. "กลไกพื้นฐานทางธุรกิจสำหรับเจ้าของสินค้า," ทำเนียบโฆษณาธุรกิจไทย 2528 ฉบับพิเศษ ประชาชาติธุรกิจ

กระทรวงอุตสาหกรรม. "ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 393 ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 เรื่องกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผ้าอนามัย." 2522.

เสนาะ สุจิมา. บรรณาธิการ. "ผ้าอนามัย 46 ล้าน." นิตยสารคู่แข่ง 2 (มกราคม 2525):14.

_____. บรรณาธิการ. "ข่าวสถิติและข้อมูล." นิตยสารคู่แข่ง 2 (กุมภาพันธ์ 2525):60-61.

_____. บรรณาธิการ. "โลกข้อมูล." นิตยสารคู่แข่ง 2 (กันยายน 2525):11.

_____. บรรณาธิการ. "ข่าวในแวดวง." นิตยสารคู่แข่ง 2 (ตุลาคม 2525):18.

_____. บรรณาธิการ. "สรุปข่าวจากศูนย์ข้อมูล." นิตยสารคู่แข่ง 3 (เมษายน 2526):99.

_____. บรรณาธิการ. "ข่าวสถิติและข้อมูล." นิตยสารคู่แข่ง 4 (มกราคม 2527):86.

_____. บรรณาธิการ. "ตลาดผ้าอนามัย 800 ล้าน." นิตยสารคู่แข่ง 4 (มีนาคม 2527):135-150.

_____. บรรณาธิการ. "ข่าวในแวดวง." นิตยสารคู่แข่ง 4 (มิถุนายน 2527):37.

_____. บรรณาธิการ. "โลกข้อมูล." นิตยสารคู่แข่ง 4 (มิถุนายน 2527):48-49,82.

_____. บรรณาธิการ. "ข่าวในแวดวง." นิตยสารคู่แข่ง 4 (สิงหาคม 2527):154-162.

_____. บรรณาธิการ. "ข่าวในแวดวง." นิตยสารคู่แข่ง 4 (พฤศจิกายน 2527):43-47.

_____. บรรณาธิการ. "โลกข้อมูล." นิตยสารคู่แข่ง 5 (มิถุนายน 2528):15-16.

_____. บรรณาธิการ. "ข่าวในแวดวง." นิตยสารคู่แข่ง 5 (กันยายน 2528):16-18.

สุภาภรณ์ พลนิกร. ผู้จัดการผลิตภัณฑ์อนามัยโก๊ทซ์นิวฟรีด้อม ในช่วงเวลาดังกล่าว, สัมภาษณ์, 10 มกราคม 2530 .

Buffa , Elwood S. Modern Production / Operations Management New York : John Wiley & sons , 1980.

C. Wheelwright, Steven & Makridakis , Spyros. Forecasting Methods for Management. New York : John Wiley & sons 1980.

Kotler , Philip. Marketing Management analysis , planing and control. New Jersey: Prentice-Hall , 1980.

Lilien , Gary L , and Philip , Kotler. Marketing Decision Making. New York : Harper & Row , 1983.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ นายอดุล ขาวละออ

วุฒิการศึกษา นิติศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การทำงาน พ.ศ. 2526 – 2528 ตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายบัญชี

บริษัท นินจา เอนเทอเทนเม้นท์ โปรเจคท์ จำกัด

พ.ศ. 2528 – ปัจจุบัน ตำแหน่งผู้จัดการแผนกบัญชี

บริษัท อิมพีเรียล อินเตอร์เนชั่นแนล คีพาร์ทเม้นท์สโตร์ จำกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย