

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษาเรื่อง การพยากรณ์แนวโน้มปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัท อินเตอร์โพลีเมอร์ โดยใช้เทคนิคอนุกรมเวลาและเทคนิคสถิติคาร์โลในการจำลองสถานการณ์ หลังจากที่ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ผลของการวิเคราะห์จะได้นำเสนอด้วยรายละเอียดต่อไปนี้

การพยากรณ์แนวโน้มปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์

ตารางที่ 4-1 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทอินเตอร์โพลีเมอร์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 - 2546 โดยจำแนกเป็นรายไตรมาส (หน่วย : พันตู้)

ปี พ.ศ.	ไตรมาส 1	ไตรมาส 2	ไตรมาส 3	ไตรมาส 4	ยอดรวม
2540	2,100	2,250	2,400	2,200	8,950
2541	2,250	2,300	2,500	2,350	9,400
2542	2,320	2,460	2,700	2,500	9,980
2543	2,410	2,570	2,900	2,500	10,430
2544	2,500	2,620	2,810	2,600	10,530
2545	2,640	2,710	2,830	2,720	10,900
2546	2,780	2,860	2,900	2,700	11,240

จากข้อมูลดังกล่าวถ้าต้องการจะนำมาใช้ประโยชน์ในการวางแผนหรือพยากรณ์การใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในปี พ.ศ. 2548-2550 จะต้องทำการวิเคราะห์อนุกรมเวลาเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ของแนวโน้มที่เกิดขึ้น ซึ่งมีวิธีการดังนี้

หมายเหตุ: จะเห็นว่าข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อพยากรณ์แนวโน้มปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ปี 2548-2550 ไม่มีปี 2547 ทั้งนี้เนื่องจากทางบริษัทอินเตอร์โพลีเมอร์ยังเก็บรวบรวมข้อมูลในส่วนดังกล่าวไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงไม่นำข้อมูลการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ปี 2547 มาร่วมวิเคราะห์ข้อมูลด้วย แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ได้พยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ของปี 2547 รวมกับปี 2548-2550 ด้วย

การพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์รายปี

1. วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method)

ขั้นที่ 1 เมื่อต้องการทราบปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์รายปี จำเป็นที่จะต้องมีการสร้างสมการแนวโน้มรายปีก่อน ซึ่งสามารถหาได้โดยนำข้อมูลยอดปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละไตรมาสแต่ละปีมารวมกันเพื่อให้ได้ข้อมูลปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์รายปีและใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเพื่อคำนวณหาสมการแนวโน้มรายปี

ตารางที่ 4-2 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด เพื่อคำนวณหาสมการแนวโน้มรายปี (หน่วย : พันตู้)

ปี พ.ศ.	ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ ขนาด 20 ฟุต (y)	X	Xy	X ²
2540	8,950	-3	-26,850	9
2541	9,400	-2	-18,800	4
2542	9,980	-1	-9,980	1
2543	10,430	0	0	0
2544	10,530	1	10,530	1
2545	10,900	2	21,800	4
2546	11,240	3	33,720	9
n = 7	$\sum y = 71,430$	$\sum x = 0$	$\sum xy = 10,420$	$\sum x^2 = 28$

$$a = \frac{\sum y}{n} = \frac{71,430}{7} = 10,204$$

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2} = \frac{10,420}{28} = 372$$

$$\text{สมการแนวโน้มรายปีคือ } \hat{y} = 10,204 + 372 X$$

(จุดเริ่มต้น: 1 กรกฎาคม 2543, y = ยอดของปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ต่อปี,
x : มีหน่วยเป็น 1 ปี)

ขั้นที่ 2 เมื่อได้สมการแนวโน้มเป็นเส้นตรงรายปีแล้ว จะทำให้ทราบต่อไปอีกว่า

2.1 เมื่อกำหนดให้ค่า $x = 0$ ในช่วงเวลาจุดเริ่มต้น จะได้ค่าแนวโน้มของปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในช่วงปีเริ่มต้นเท่ากับ 10,204 ตู้คอนเทนเนอร์

2.2 ค่าแนวโน้มของปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ มีอัตราเพิ่มสูงขึ้นปีละ 372 คอนเทนเนอร์

2.3 ค่าแนวโน้มของปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในช่วงต่าง ๆ เป็นดังนี้

$$x = -3 ; \hat{y}_{40} = 10,204 + 372(-3) = 9,088 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

$$x = -2 ; \hat{y}_{41} = 10,204 + 372(-2) = 9,460 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

$$x = -1 ; \hat{y}_{42} = 10,204 + 372(-1) = 9,832 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

$$x = 0 ; \hat{y}_{43} = 10,204 + 372(0) = 10,204 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

$$x = 1 ; \hat{y}_{44} = 10,204 + 372(1) = 10,576 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

$$x = 2 ; \hat{y}_{45} = 10,204 + 372(2) = 10,948 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

$$x = 3 ; \hat{y}_{46} = 10,204 + 372(3) = 11,320 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

ขั้นที่ 3 เมื่อทราบถึงทิศทางการเคลื่อนไหวในค่าของตัวแปรอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นนำสูตรที่ได้มาพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ใน 4 ปีข้างหน้า คือตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 - 2550 โดยถ้าการเปลี่ยนแปลงในอนาคตยังมีสาเหตุเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงในอดีตแล้ว สามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ได้ดังนี้

$$x = 4 ; \hat{y}_{47} = 10,204 + 372(4) = 11,692 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

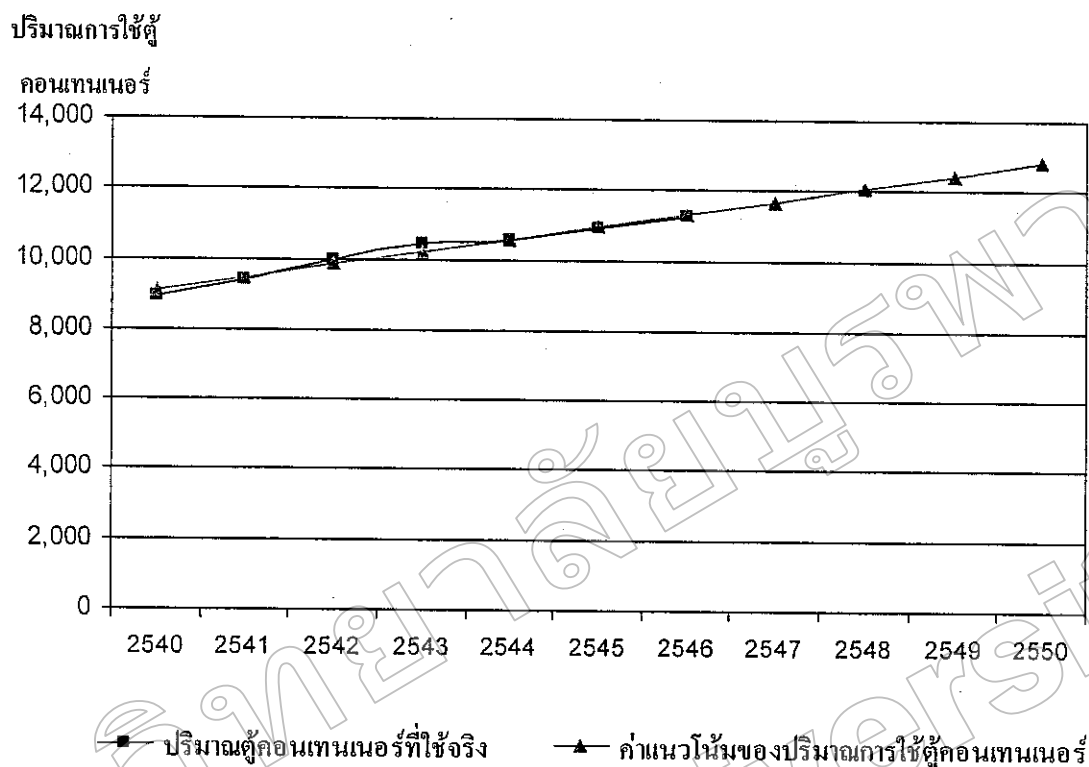
$$x = 5 ; \hat{y}_{48} = 10,204 + 372(5) = 12,064 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

$$x = 6 ; \hat{y}_{49} = 10,204 + 372(6) = 12,436 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

$$x = 7 ; \hat{y}_{50} = 10,204 + 372(7) = 12,808 \quad \text{ตู้คอนเทนเนอร์}$$

จากสมการดังกล่าวข้างต้นเราจะได้อัตราแนวโน้มของปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ตั้งแต่ปี 2547 - 2550 แต่อย่างไรก็ตามการพยากรณ์ค่าแนวโน้มของตัวแปรอนุกรมเวลาดังกล่าว จะใช้ประโยชน์ได้ดีถ้าหากการเปลี่ยนแปลงในอนาคตยังคงมีสาเหตุเดียวกันกับการเปลี่ยนแปลงในอดีตเท่านั้น

ขั้นที่ 4 สามารถนำมาแสดงทิศทางแนวโน้มการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ ในปี พ.ศ. 2540 - 2550 โดยกราฟได้ดังนี้



ภาพที่ 4-1 ทิศทางการเคลื่อนไหวของค่าแนวโน้มปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์รายปี
ที่ได้จากการพยากรณ์และที่เกิดขึ้นจริงปี 2540-2550

จากกราฟจะเห็นว่าข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์และข้อมูลปริมาณการใช้จริงตั้งแต่ปี 2540-2546 มีความใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นในการพยากรณ์แนวโน้มการใช้ตู้คอนเทนเนอร์รายปี ในปี 2547-2550 จึงมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน

แต่อย่างไรก็ตามหลังจากได้สมการแนวโน้มปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์รายปีแล้ว จะสังเกตเห็นว่าถ้ากลับไปดูข้อมูลปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ที่เกิดขึ้นในไตรมาสที่ 4 ของทุกปี จะมีความแปรผันตามฤดูกาล (Seasonal Variation-S) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ ดังนั้นในการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาเพื่อหาความแปรผันต่าง ๆ จึงต้องวิเคราะห์เพื่อหาความแปรผันตามฤดูกาลด้วย เช่นในกรณีที่ต้องการทราบค่าแนวโน้มของปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 20 ฟุต ในรายปีจำเป็นที่จะต้องมีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาเพื่อหาความแปรผันตามฤดูกาล ซึ่งการทราบค่าดัชนีฤดูกาลรายไตรมาส สามารถคำนวณหาได้จากการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 ไตรมาส แบบไม่ถ่วงน้ำหนักดังนี้

ตารางที่ 4-3 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ระหว่างปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ.2546 ที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 ไตรมาสแบบไม่ถ่วงน้ำหนักเพื่อหาค่าดัชนีฤดูกาลรายไตรมาส

(1) ปี	(2) ไตรมาส	(3) ปริมาณการใช้ ตู้คอนเทนเนอร์	(4) ผลรวมเคลื่อนที่ 4 ไตรมาส	(5) จุด กลาง	(6) ค่าเฉลี่ย เคลื่อนที่ 4 ไตรมาส	(7) = (3) x 100 (6)
2540	1	2100				
	2	2250	8950			
	3	2400	9100	9025	2256.25	106.37
	4	2200	9150	9125	2281.25	96.44
2541	1	2250	9250	9200	2300.00	97.83
	2	2300	9400	9325	2331.25	98.66
	3	2500	9470	9435	2358.75	105.99
	4	2350	9630	9550	2387.50	98.43
2542	1	2320	9830	9730	2432.50	95.38
	2	2460	9980	9905	2476.25	99.34
	3	2700	10070	10025	2506.25	107.73
	4	2500	10180	10125	2531.25	98.77
2543	1	2410	10380	10280	2570.00	93.77

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

(1) ปี	(2) ไตรมาส	(3) ปริมาณการใช้ ตู้คอนเทนเนอร์	(4) ผลรวมเคลื่อนที่ 4 ไตรมาส	(5) จุด กลาง	(6) ค่าเฉลี่ย เคลื่อนที่ 4 ไตรมาส	(7) = $\frac{(3) \times 100}{(6)}$ (6) ร้อยละของค่าเฉลี่ย เคลื่อนที่ 4 ไตรมาส
	2	2570		10380	2595.00	99.04
			10380			
	3	2900		10425	2606.25	111.27
			10470			
	4	2500		10495	2623.75	95.28
			10520			
2544	1	2500		10475	2618.75	95.47
			10430			
	2	2620		10480	2620.00	100.00
			10530			
	3	2810		10600	2650	106.04
			10670			
	4	2600		10715	2678.75	97.06
			10760			
2545	1	2640		10770	2692.50	98.05
			10780			
	2	2710		10840	2710	100.00
			10900			
	3	2830		10970	2742.50	103.19
			11040			
	4	2720		11115	2778.75	97.89
			11190			
2546	1	2780		11225	2806.25	99.06
			11260			
	2	2860		11250	2812.50	101.69
			11240			
	3	2900				
	4	2700				

ตารางที่ 4-4 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ที่นำร้อยละค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่คำนวณได้มาหาค่าดัชนี
ฤดูกาลรายไตรมาส

ปี พ.ศ.	ไตรมาส 1	ไตรมาส 2	ไตรมาส 3	ไตรมาส 4	
2540	-	-	106.37	96.44	
2541	97.83	98.66	105.99	98.43	
2542	95.38	99.34	107.73	98.77	
2543	93.77	99.04	111.27	95.28	
2544	95.47	100	106.04	97.06	
2545	98.05	100	103.19	97.89	
2546	99.06	101.69	-	-	
รวม	579.56	598.73	640.59	583.87	
ค่าเฉลี่ย	96.59	99.79	106.77	97.31	400.46
ค่าดัชนีฤดูกาล	96.48	99.68	106.65	97.20	400

นำค่าดัชนีฤดูกาลรายไตรมาสที่คำนวณได้มาคำนวณหาปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์
หลังจัดดัชนีฤดูกาล ทั้งนี้เพื่อพิจารณาว่าถ้าไม่มีการนำเรื่องของความแปรผันตามฤดูกาลมา
เกี่ยวข้องแล้ว ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์จะเป็นเท่าใด โดยการนำปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์
ในรายไตรมาสมาดำเนินการร่วมกับค่าดัชนีฤดูกาล เช่น หาปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์
รายไตรมาสหลังจัดดัชนีฤดูกาลในปี พ.ศ. 2540-2546

ตารางที่ 4-5 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ปี พ.ศ.2540 ถึง ปี พ.ศ.2546 ที่นำร้อยละค่าเฉลี่ย
เคลื่อนที่ที่คำนวณได้มาหาค่าดัชนีฤดูกาลรายไตรมาส

(1) ไตรมาส	(2) ปริมาณการใช้ตู้ คอนเทนเนอร์	(3) ดัชนีฤดูกาล	(4) = (2) X 100 (3) ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์หลังจัดดัชนีฤดูกาล
2540/1	2,100	96.48	2,177
2	2,250	99.68	2,257
3	2,400	106.65	2,250
4	2,200	97.20	2,263
2541/1	2,250	96.48	2,332
2	2,300	99.68	2,307
3	2,500	106.65	2,344
4	2,350	97.20	2,418
2542/1	2,320	96.48	2,405
2	2,460	99.68	2,468
3	2,700	106.65	2,532
4	2,500	97.20	2,572
2543/1	2,410	96.48	2,498
2	2,570	99.68	2,578
3	2,900	106.65	2,719
4	2,500	97.20	2,572
2544/1	2,500	96.48	2,591
2	2,620	99.68	2,628
3	2,810	106.65	2,635
4	2,600	97.20	2,675
2545/1	2,640	96.48	2,736
2	2,710	99.68	2,719
3	2,830	106.65	2,654
4	2,720	97.20	2,798
2546/1	2,780	96.48	2,881
2	2,860	99.68	2,869
3	2,900	106.65	2,719
4	2,700	97.20	2,778

การพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในปี พ.ศ. 2547 ถึง ปี พ.ศ. 2550 ก็จะใช้แทนค่า $X = 14, 15, 16, \dots, 29$ ลงในสมการแนวโน้มเพื่อหาค่าแนวโน้ม จากนั้นนำค่าแนวโน้มที่คำนวณได้มาปรับค่าดัชนีฤดูกาล

ตารางที่ 4-6 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2550 ที่นำร้อยละค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่คำนวณได้มาหาค่าดัชนีฤดูกาลรายไตรมาส

(1)	(2)	(3)	(4) = (2) X (3)
ไตรมาส	ค่าแนวโน้ม	ดัชนีฤดูกาล	$\frac{\quad}{100}$
ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ที่ได้จากการพยากรณ์			
2547/1	2,885	96.48	2,783
2	2,908	99.68	2,899
3	2,931	106.65	3,126
4	2,954	97.20	2,871
2548/1	2,977	96.48	2,872
2	3,000	99.68	2,990
3	3,023	106.65	3,224
4	3,046	97.20	2,961
2549/1	3,069	96.48	2,961
2	3,092	99.68	3,082
3	3,115	106.65	3,322
4	3,138	97.20	3,050
2550/1	3,161	96.48	3,050
2	3,184	99.68	3,174
3	3,207	106.65	3,420
4	3,230	97.20	3,140

จากตารางที่ 4-6 จะเห็นได้ว่าถ้าความแปรผันตามฤดูกาลรายไตรมาสยังคงเป็นรูปแบบเดิม ผลลัพธ์ที่คำนวณได้จะเป็นการพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์โดยนำเรื่องของ การแปรผันตามฤดูกาลมาพิจารณาด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาจจะสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าแนวโน้มตามไตรมาสเดิม

2. วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) วิธีนี้ค่าพยากรณ์ของอนุกรมเวลาในช่วง $t+1$ ($\hat{Y}_{t+1}$) จะเป็นการเฉลี่ยผลรวมของค่าที่แท้จริงทั้งหมดด้วยจำนวนช่วงระยะเวลาการสังเกต (k) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้

$$\hat{Y}_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k}$$

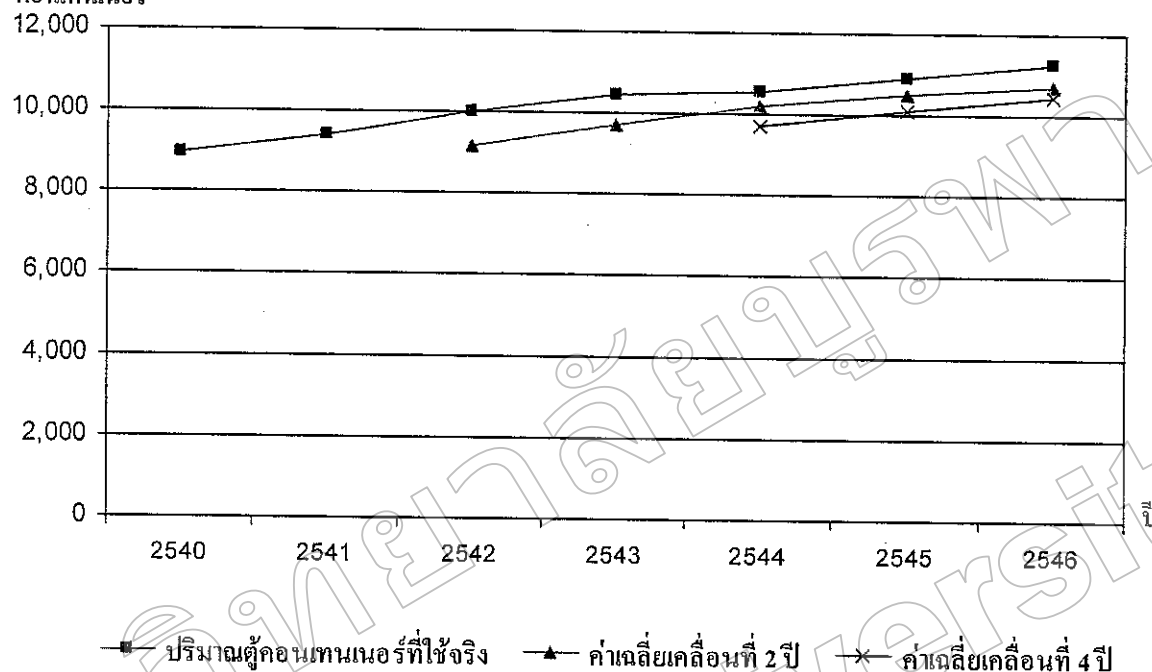
K คือ จำนวนช่วงระยะเวลานำข้อมูลมาใช้

ตารางที่ 4-7 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2546 ที่แสดงค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่ใช้ค่า k เท่ากับ 2 และ 4 ปี

ช่วงเวลา	ปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้จริง	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 ปี	ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 ปี
2540	8,950	-	-
2541	9,400	-	-
2542	9,980	9,175	-
2543	10,430	9,690	-
2544	10,530	10,205	9,690
2545	10,900	10,480	10,085
2546	11,240	10,715	10,460
	MSE	350,655	659,408

ปริมาณการใช้ตู้

คอนเทนเนอร์



ภาพที่ 4-2 แสดงปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้จริงและปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ได้จากการพยากรณ์โดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 และ 4 ปี

จากกราฟในภาพที่ 4-2 จะพบว่าแนวโน้มของข้อมูลการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 และ 4 ปี จะมีความเรียบ (Smooth) ขึ้นมากกว่าข้อมูลที่แท้จริง จึงอาจจะเรียกวิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่นี้ว่า Smoothing Method โดยจะสังเกตได้ว่าค่า k ยิ่งมาก เส้นกราฟก็จะยิ่งมีความราบเรียบมากขึ้น และค่า MSE ก็สามารถใช้อธิบายความเหมาะสมของเทคนิคการพยากรณ์ได้ โดยเปรียบเทียบค่า MSE ของเทคนิค หากวิธีใดมีค่า MSE น้อยกว่าแสดงว่าวิธีนั้นให้ผลการพยากรณ์ถูกต้องมากกว่า

การพยากรณ์ด้วยแบบจำลองนี้ความถูกต้องของแบบจำลองค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 ปีมีความใกล้เคียงกับปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์จริงมากกว่าแบบจำลองค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 ปี เพราะมีค่า MSE น้อยกว่า ดังนั้นในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ที่จะถูกใช้ปีถัดไป (ช่วงเวลา 8) จะคำนวณได้ดังนี้

$$\hat{Y}_8 = \frac{Y_7 + Y_8}{2} = \frac{11,240 + 10,900}{2} = 11,070$$

ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ที่มากกว่า 1 ช่วงเวลา เช่น สมมติว่า ข้อมูลสิ้นสุดที่ช่วงเวลาที่ 7 แต่ต้องการพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ที่คาดว่าจะใช้ในช่วงเวลาที่ 8 และ 9 โดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 2 ปี การพยากรณ์สำหรับช่วงที่ 9 จะเป็นดังนี้

$$\hat{Y}_9 = \frac{Y_8 + Y_7}{2}$$

แต่ช่วงเวลาที่ 7 ยังไม่ทราบค่า Y_8 จึงต้องใช้ค่าพยากรณ์ด้วย $\hat{Y}_8$ แทนค่าที่แท้จริงในสมการข้างต้น ดังนั้นช่วงเวลาที่ 7 สามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ที่จะใช้จริงในช่วงเวลาที่ 9 เท่ากับ

$$\hat{Y}_9 = \frac{\hat{Y}_8 + Y_7}{2} = \frac{11,070 + 11,240}{2} = 11,155$$

3. วิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่โดยมีการเพิ่มน้ำหนัก (Exponential Smoothing)

Exponential Smoothing หรือ Exp. Smoothing เป็นอีกหนึ่งเทคนิคในการหาค่าเฉลี่ยที่ใช้กับข้อมูลไม่ผันแปร โดยกำหนดให้มีการเพิ่มน้ำหนักให้กับข้อมูลในอดีตแต่ละตัวให้มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบของแบบจำลอง Exp. Smoothing แสดงได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_{t+1} + \alpha (Y_t - \hat{Y}_{t+1})$$

สมการนี้แสดงให้เห็นว่าค่าพยากรณ์ที่ช่วงเวลา $t + 1$ มีค่าเท่ากับค่าพยากรณ์ของช่วงเวลาก่อนหน้านี้ ($\hat{Y}_{t+1}$) บวกกับผลต่างความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่แล้ว

($\alpha (Y_t - \hat{Y}_{t+1})$) α แทนด้วยค่าใด ๆ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 ($0 \leq \alpha \leq 1$)

สามารถแสดงสูตร Exp. Smoothing ในสมการได้ดังนี้

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + \alpha(1-\alpha)Y_{t-1} + \alpha(1-\alpha)^2 Y_{t-2} + \dots + \alpha(1-\alpha)^n Y_{t-n}$$

ค่าพยากรณ์ $\hat{Y}_{t+1}$ ใน Exp. Smoothing เป็นน้ำหนักรวมของค่าในอดีตทั้งหมดในอนุกรมเวลา ได้แก่ข้อมูล Y_t มีน้ำหนัก α ข้อมูลถัดมาคือ Y_{t-1} มีน้ำหนัก $\alpha(1-\alpha)$ และเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

ตารางที่ 4-8 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ปี พ.ศ. 2540 ถึงปี พ.ศ. 2546 ที่ได้จากการพยากรณ์โดยใช้เทคนิค Exponential Smoothing

ช่วงเวลา	ปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้จริง	ค่าพยากรณ์โดยใช้วิธี Exp. Smoothing
2540	8,950	8,950
2541	9,400	8,950
2542	9,980	9,175
2543	10,430	9,578
2544	10,530	10,004
2545	10,900	10,267
2546	11,240	10,584
	MSE	383,447.14

วิธีการนี้สามารถใช้เครื่องมือ Solver ในการหาค่าที่ดีที่สุดสำหรับ ∞ ที่ทำให้ค่า MSE มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อสร้างแบบจำลอง Exp. Smoothing ที่เหมาะสมที่สุด

ปริมาณการใช้ตู้

คอนเทนเนอร์

12,000

10,000

8,000

6,000

4,000

2,000

0

ปี

2540

2541

2542

2543

2544

2545

2546

■ ปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้อย่างจริง

▲ ค่าพยากรณ์โดยใช้วิธี Exp. Smoothing

ภาพที่ 4-3 แสดงผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแบบจำลอง Exp. Smoothing

ในแบบจำลองนี้หากค่า ∞ มีค่าใกล้เคียงกับค่า 1 จะทำให้ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แต่หากมีค่าใกล้เคียงกับ 0 จะทำให้ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ

ตารางที่ 4-9 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ปี พ.ศ.2540 ถึงปี พ.ศ. 2546 ที่ได้จากการพยากรณ์ โดยใช้เทคนิค Exponential Smoothing โดยการเปรียบเทียบค่า Alpha

ช่วงเวลา	ปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ ที่ใช้จริง	Exp. Smoothing	Exp. Smoothing
		Alpha = 0.1	Alpha = 0.9
2540	8,950	8,950	8,950
2541	9,400	8,950	8,950
2542	9,980	8,995	9,355
2543	10,430	9,094	9,918
2544	10,530	9,228	10,379
2545	10,900	9,358	10,515
2546	11,240	9,512	10,862
MSE		1,430,939	167,025.57

จากตารางทำให้ทราบว่าหากข้อมูลที่เราพิจารณามีการเปลี่ยนแปลงน้อย (มีค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยมาก) ควรเลือกใช้ค่า ∞ ที่ใกล้เคียงค่า 1 แต่หากข้อมูลไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง (มีค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยน้อย) ควรเลือกใช้ค่า ∞ ที่ใกล้เคียงค่า 0 และจากแบบจำลองค่า Alpha 0.9 ให้ค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ใกล้เคียงกับปริมาณตู้คอนเทนเนอร์ที่ใช้จริงมากกว่าค่า alpha 0.1 และถ้าลองเปรียบเทียบค่า MSE ก็จะพบว่า ที่ค่า ∞ 0.9 ให้ค่า MSE น้อยกว่าค่า ∞ 0.1

การพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง Exponential Smoothing

การใช้แบบจำลอง Exponential Smoothing เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ ที่คาดว่าจะใช้จริงในช่วงปีถัดไป (ช่วงเวลาที่ 8) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\hat{Y}_8 = \hat{Y}_7 + \infty (Y_7 - \hat{Y}_7) = 10,862 + 0.9 \times (11,240 - 10,862) = 11,202.2$$

และคุณสมบัติที่น่าสนใจของเทคนิค Exp. Smoothing จะเห็นได้ชัดเมื่อต้องการใช้แบบจำลองนี้ในการพยากรณ์ที่มากกว่า 1 ช่วงเวลา เช่นช่วงเวลาที่ 6 ต้องการพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในช่วงเวลาที่ 8 จะได้สมการพยากรณ์เป็น

$$\hat{Y}_9 = \hat{Y}_8 + \infty (Y_8 - \hat{Y}_8)$$

และเนื่องจาก Y_8 เป็นค่าที่ยังไม่ทราบในช่วงเวลาที่ 7 ดังนั้นจึงแทน Y_8 ด้วย $\hat{Y}_8$ ทำให้ได้ $\hat{Y}_9 = \hat{Y}_8$ แต่ในความเป็นจริงแล้วค่าพยากรณ์สำหรับทุกช่วงเวลาในอนาคตจะมีค่าเท่ากับ $\hat{Y}_8$ ดังนั้นเมื่อใช้ Exp. Smoothing ค่าพยากรณ์ที่คำนวณได้จะเป็นค่าเดียวกัน

จากการพยากรณ์โดยเทคนิคอนุกรมเวลา โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันในผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์แนวโน้มรายปีคือวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งในแต่ละวิธีสามารถนำมาเปรียบเทียบตารางผลดังนี้

ตารางที่ 4-10 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์โดยเทคนิคต่าง ๆ

ปี พ.ศ.	Least Square	Moving Average	Exponential Smoothing	ปริมาณการใช้จริง
2540	8,947	8,950	8,950	8,950
2541	9,401	9,400	8,950	9,400
2542	9,976	9,175	9,355	9,980
2543	10,426	9,690	9,918	10,430
2544	10,783	10,205	10,379	10,530
2545	11,268	10,480	10,515	10,900
2546	11,247	10,715	10,862	11,240
MSE	28,503.43	350,655	167,025.57	-
MAPE	0.0082	0.0382	0.0347	-

จากตารางถ้าเปรียบเทียบค่า MSE และ MAPE จะเห็นว่าในเทคนิคการพยากรณ์โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Lest Square) จะให้ค่า MSE และ MAPE น้อยที่สุดซึ่งในการพยากรณ์ค่าแนวโน้มรายปีจึงเลือกเทคนิคนี้มาพยากรณ์ปีถัดไปซึ่งผลของการพยากรณ์แนวโน้มรายปีตั้งแต่ปี พ.ศ.2547 ถึง ปี พ.ศ.2550 ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.5

การจำลองสถานการณ์ด้วยวิธีมอนติคาร์โล

วิธีการจำลองสถานการณ์แบบเทคนิคนี้ เป็นการจำลองปัญหาภายใต้ความเสี่ยงจากความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ต่าง ๆ โดยการผ่านการสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling) ซึ่งแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนตามรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: ต้องคำนวณหาการกระจายตัวของความน่าจะเป็นของตัวแปร ซึ่งในการศึกษานี้ตัวแปรคือปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ ซึ่งได้จากสถิติข้อมูลของปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ ตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2547 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2548

ขั้นตอนที่ 2: สร้างค่าการกระจายของค่าความน่าจะเป็นสะสมของตัวแปร

ขั้นตอนที่ 3: สร้างช่วงของตัวเลขสุ่มของตัวแปรที่สัมพันธ์กับความน่าจะเป็นสะสม

ขั้นตอนที่ 4: สร้างตัวเลขสุ่ม

ขั้นตอนที่ 5: ทดลองจำลองปัญหา

ตารางที่ 4-11 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ของบริษัทอินเตอร์โพลีเมอร์ จำแนกตามรายสัปดาห์ที่มีการขนส่งสินค้าตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2547 ถึง เดือน มีนาคม พ.ศ. 2548

เดือนที่	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1	84	134	192	220
2	199	237	188	186
3	192	113	164	152
4	126	188	160	111
5	171	180	182	149
6	121	46	147	177
7	95	145	76	148
8	103	119	168	123
9	174	134	76	-
ค่าเฉลี่ย	141	144	150	158
ค่าสูงสุด	199	237	192	220
ค่าต่ำสุด	84	46	76	111

จากตารางที่ 4.11 หลังจากที่เราทราบการกระจายของข้อมูลแล้วขั้นตอนต่อไปคือการนำปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในแต่ละสัปดาห์มาจัดอันดับภาคชั้น หาความถี่ ค่ากึ่งกลางอันดับภาคชั้น ความน่าจะเป็น ความน่าจะเป็นสะสมและอันดับภาคชั้นเลขคู่ หลังจากนั้นทำการหาค่าการกระจายของความน่าจะเป็น (ค่าความถี่สัมพัทธ์)

ในการศึกษานี้ผู้ทำการศึกษาได้ทำการสุ่มตัวเลข 5,000 ครั้งในแต่ละสัปดาห์เพื่อหาความน่าจะเป็นในการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในสัปดาห์ต่าง ๆ ซึ่งในความเหมาะสมของการหาค่าความน่าจะเป็นจะต้องสุ่มเป็นจำนวนครั้งให้มากที่สุดเพื่อผลลัพธ์ใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการในการใช้ตู้คอนเทนเนอร์จริง อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติการสุ่มจำนวนมากถึงขั้นถึงแม้ว่าจะได้ค่าพยากรณ์ใกล้เคียงที่สุดแต่ก็ใช้ระยะเวลาที่นานเกินไปและแม้ว่าในปัจจุบันจะมีการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสุ่ม แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนที่มากขึ้น ซึ่งคอมพิวเตอร์ก็ไม่สามารถสุ่มและคำนวณผลออกมา

และจากผลการทดลองในแต่ละวันสามารถพยากรณ์ความต้องการการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ได้ดังนี้

สัปดาห์ที่ 1

ตารางที่ 4-12 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ของสัปดาห์ที่ 1 ของเดือน

อันดับภาคชั้น	ความถี่	ค่ากึ่งกลาง อันดับภาคชั้น	ความน่า จะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	อันดับภาคเลขคู่	ผลการ สุ่ม	ผลรวม
79 - 89	1	84	0.111	0.11	00 - 11	546	45,864
90 - 100	1	95	0.111	0.22	12 - 22	557	52,915
101 - 111	1	106	0.111	0.33	23 - 33	515	54,590
112 - 122	1	117	0.111	0.44	34 - 44	572	66,924
123 - 133	1	128	0.111	0.56	45 - 56	639	81,792
167 - 177	2	172	0.222	0.78	57 - 78	1,126	193,672
189 - 199	2	194	0.222	1.00	79 - 100	1,045	202,730
	9		1.000			5,000	698,487

จากตารางแสดงความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ ณ ระดับต่าง ๆ สามารถอธิบายความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ได้ว่า ความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในสัปดาห์ที่ 1 คือประมาณ 140 ตู้ ทั้งนี้เพราะเมื่อนำผลรวมของตัวเลขในการสุ่มแต่ละครั้งทั้งหมด 5,000 ครั้ง มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนการสุ่มที่กำหนดคือ 5,000 ครั้ง จะได้เท่ากับ 140 ดังนั้นในสัปดาห์ที่ 1 บริษัทอินเตอร์โพลีเมอร์ต้องเตรียมตู้คอนเทนเนอร์ไว้สำหรับขนส่งสินค้าอย่างน้อย 140 ตู้คอนเทนเนอร์

สัปดาห์ที่ 2

ตารางที่ 4-13 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ของสัปดาห์ที่ 2 ของเดือน

อันดับ ภาคชั้น	ความถี่	ค่ากึ่งกลาง อันดับ ภาคชั้น	ความ น่าจะเป็น	ความ น่าจะเป็น สะสม	อันดับ ภาคเลข สุ่ม	ผลการ สุ่ม	ผลรวม
40 - 50	1	45	0.111	0.11	00 - 11	565	25,425
106 - 116	1	111	0.111	0.22	12 - 22	552	61,272
117 - 127	1	172	0.111	0.33	23 - 33	531	91,332
128 - 138	2	133	0.222	0.56	34 - 56	1,156	153,748
139 - 149	1	144	0.111	0.67	57 - 67	557	80,208
172 - 182	1	177	0.111	0.78	68 - 78	526	93,102
183 - 193	1	188	0.111	0.89	79 - 89	543	102,084
227 - 237	1	232	0.111	1.00	90 - 100	570	132,240
	9		1.00			5,000	739,411
							148

จากตารางแสดงความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ ณ ระดับต่าง ๆ สามารถอธิบายความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ได้ว่า ความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในสัปดาห์ที่ 2 คือประมาณ 148 ตู้ ทั้งนี้เพราะเมื่อนำผลรวมของตัวเลขในการสุ่มแต่ละครั้งทั้งหมด 5,000 ครั้ง มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนการสุ่มที่กำหนดคือ 5,000 ครั้ง จะได้เท่ากับ 148 ดังนั้นในสัปดาห์ที่ 2 บริษัทอินเตอร์โพลีเมอร์ต้องเตรียมตู้คอนเทนเนอร์ไว้สำหรับขนส่งสินค้าอย่างน้อย 148 ตู้คอนเทนเนอร์

สัปดาห์ที่ 3

ตารางที่ 4-14 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ของสัปดาห์ที่ 3 ของเดือน

อัตรา ภาคชั้น	ความถี่	ค่ากึ่งกลาง อัตรา ภาคชั้น	ความ น่าจะเป็น	ความ น่าจะเป็น สะสม	อัตรา ภาคเลข คู่	ผลการ สุ่ม	ผลรวม
73 - 83	2	78	0.222	0.22	00 - 22	1,082	84,396
139 - 149	1	144	0.111	0.33	23 - 33	551	79,344
150 - 160	1	155	0.111	0.44	34 - 44	552	85,560
161 - 171	2	166	0.222	0.67	45 - 67	1,180	195,880
172 - 182	1	177	0.111	0.78	68 - 78	559	98,943
183 - 193	2	188	0.222	1.00	79 - 100	1,076	202,288
	9		1.00			5,000	746,411
							149

จากตารางแสดงความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ ณ ระดับต่าง ๆ สามารถอธิบายความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ได้ว่า ความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในสัปดาห์ที่ 3 คือประมาณ 149 ตู้ ทั้งนี้เพราะเมื่อนำผลรวมของตัวเลขในการสุ่มแต่ละครั้งทั้งหมด 5,000 ครั้ง มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนการสุ่มที่กำหนดคือ 5,000 ครั้ง จะได้เท่ากับ 149 ดังนั้นในสัปดาห์ที่ 3 บริษัทอินเตอร์โพลีเมอร์ต้องเตรียมตู้คอนเทนเนอร์ไว้สำหรับขนส่งสินค้าอย่างน้อย 149 ตู้คอนเทนเนอร์

สัปดาห์ที่ 4

ตารางที่ 4-15 ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ของสัปดาห์ที่ 4 ของเดือน

อัตรา ภาคชั้น	ความถี่	ค่ากึ่งกลาง อัตรา ภาคชั้น	ความ น่าจะเป็น	ความ น่าจะเป็น สะสม	อัตรา ภาคเลข คู่	ผลการ รวม	ผลรวม
106 - 116	1	111	0.125	0.13	00 - 13	684	75,924
117 - 127	1	122	0.125	0.25	14 - 25	587	71,614
139 - 149	2	144	0.250	0.50	26 - 50	1228	176,832
150 - 160	1	155	0.125	0.63	51 - 63	650	100,750
172 - 182	1	177	0.125	0.75	64 - 75	619	109,563
183 - 193	1	188	0.125	0.88	76 - 88	666	125,208
216 - 226	1	221	0.125	1.00	89 - 100	566	125,086
	8		1.00			5,000	784,977
							157

จากตารางแสดงความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ ณ ระดับต่าง ๆ สามารถอธิบายความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ได้ว่า ความน่าจะเป็นของการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ในสัปดาห์ที่ 4 คือประมาณ 157 ตู้ ทั้งนี้เพราะเมื่อนำผลรวมของตัวเลขในการสุ่มแต่ละครั้งทั้งหมด 5,000 ครั้ง มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนการสุ่มที่กำหนดคือ 5,000 ครั้ง จะได้เท่ากับ 157 ดังนั้นในสัปดาห์ที่ 4 บริษัทอินเตอร์โพลีเมอร์ต้องเตรียมตู้คอนเทนเนอร์ไว้สำหรับขนส่งสินค้าอย่างน้อย 157 ตู้คอนเทนเนอร์

จากผลการพยากรณ์ ในแต่ละสัปดาห์บริษัทอินเตอร์โพลีเมอร์ต้องเตรียมตู้คอนเทนเนอร์ไว้สำหรับขนส่งสินค้าดังนี้

สัปดาห์ที่ 1	ต้องเตรียมตู้คอนเทนเนอร์อย่างน้อย 140	ตู้คอนเทนเนอร์
สัปดาห์ที่ 2	ต้องเตรียมตู้คอนเทนเนอร์อย่างน้อย 148	ตู้คอนเทนเนอร์
สัปดาห์ที่ 3	ต้องเตรียมตู้คอนเทนเนอร์อย่างน้อย 149	ตู้คอนเทนเนอร์
สัปดาห์ที่ 4	ต้องเตรียมตู้คอนเทนเนอร์อย่างน้อย 157	ตู้คอนเทนเนอร์

และเมื่อนำจำนวนตู้คอนเทนเนอร์ที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละสัปดาห์มาเปรียบเทียบกับอัตราการใช้ตู้คอนเทนเนอร์จริงในแต่ละสัปดาห์จะได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4-16 การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์รายสัปดาห์กับปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์ที่เกิดขึ้นจริงของบริษัทอินเตอร์โพลีเมอร์ในเดือน เมษายน พ.ศ. 2548

สัปดาห์ที่	ปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์จริง	ค่าการพยากรณ์รายสัปดาห์
1	159	140
2	158	148
3	161	149
4	162	157

การวัดค่าความแม่นยำ

$$\begin{aligned}
 \text{MSE} &= \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{n} \right| \\
 &= \frac{(159 - 140)^2 + (158 - 148)^2 + (161 - 149)^2 + (162 - 157)^2}{4} \\
 &= 157.5
 \end{aligned}$$

$$\text{MAPE} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n \left| y_i - \hat{y}_i \right| / y_i \right]}{n}$$

$$= \frac{\left| 159 - 140 \right| / 159 + \left| 158 - 148 \right| / 158 + \left| 161 - 149 \right| / 161 + \left| 162 - 157 \right| / 162}{4}$$

$$= 0.0721$$

และเมื่อพิจารณาทางเทคนิคการพยากรณ์จะได้ว่า

$$\text{MSE} = 157.5$$

$$\text{MAPE} = 0.0721$$

จากผลการวัดความแม่นยำในการพยากรณ์โดยเทคนิคมัลติคาร์โลเมื่อนำมาเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการพยากรณ์และค่าที่เกิดขึ้นจริงในปริมาณการใช้ตู้คอนเทนเนอร์รายสัปดาห์ ผลของการวัดความแม่นยำในเทคนิค MSE, MAPE แสดงค่าของความคลาดเคลื่อนน้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเทคนิคดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์ระยะสั้นรายสัปดาห์ได้ว่าในแต่ละสัปดาห์ควรมีการวางแผนเตรียมตู้คอนเทนเนอร์ที่จะใช้ในการขนส่งสินค้าอย่างน้อยสัปดาห์ละเท่าใดจึงจะเพียงพอต่อปริมาณความต้องการ