

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวางแผนการผลิตนำหวาน โดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น



นางสาวฉัตรวิไล วิโรจน์จรัสศรี
นางสาวชีวาภร ครูทางคะ
นางสาวสุวีร์รัตน์ เลิศมหาวานิช

ส.พ.
ธ ๒๖๕๗
๒๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 83731
วัน,เดือน,ปี..... 15 ก.ย. 2551

b. 11๑ ๒๕๖๐x
i.

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาสถิติประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Aggregate Planning for Concentrated Flavoured Syrup Products
Using Linear Programming**

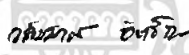
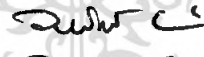



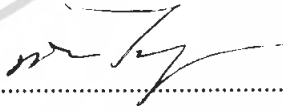
**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirement
For the Degree of Bachelor of Science
Department of Applied Statistic
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year 2007**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษเรื่อง การวางแผนการผลิตน้ำหวานโดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น
นักศึกษา นางสาว ฉัตรวิไล วิโรจน์จรัสศรี
นางสาว ชีวากร ครุทางคะ
นางสาว สุรรัตน์ เลิศมหาวานิช
ภาควิชา สถิติประยุกต์
สาขา สถิติประยุกต์
ปีการศึกษา 2550
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัครีรวงศ์

ภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

	คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	รศ.ดร.วลัยลักษณ์ อัครีรวงศ์	
กรรมการ	ผศ.วรารัตน์ เรืองรัตนเมธี	
กรรมการ	ผศ.ดร.สมศรี บัณฑิตวิไล	


.....
(ผศ.ดร.มนัส ไพฑูรย์เจริญลาภ)
หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การวางแผนการผลิตน้ำหวานโดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น	
นักศึกษา	นางสาว ฉัตรวิไล	วิโรจน์จรสศรี
	นางสาว ชีวกร	ครุทางคะ
	นางสาว สุรรัตน์	เลิศมหาวานิช
ภาควิชา	สถิติประยุกต์	
สาขาวิชา	สถิติประยุกต์	
ปีการศึกษา	2550	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.วัลย์ลักษณ์	อัครีรวงศ์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันในประเทศไทย ตลาดผลิตภัณฑ์ประเภทน้ำหวาน มีแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตสูงขึ้น วัตถุประสงค์หลักในกรณีศึกษาปัญหาพิเศษครั้งนี้ คือ การวางแผนการผลิตโดยสามารถจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพ ซึ่งการวางแผนการผลิตนั้นจะอยู่ภายใต้ข้อจำกัดตามนโยบายของทางโรงงานและด้วยเงื่อนไขที่ว่าต้นทุนที่ต่ำที่สุด โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลาและ เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิต ซึ่งใช้การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์เพื่อพยากรณ์ค่าล่วงหน้าไปอีก 12 เดือน วิธีดำเนินการเริ่มจากนำข้อมูลยอดขายน้ำหวานเข้มข้น 11 ชนิดของ ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินทรัพย์ ตั้งแต่เดือนมกราคม 2543 ถึง กันยายน 2550 ผลการพยากรณ์แบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่มีความต้องการสินค้าในปริมาณมาก(คือเดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม) และในปริมาณปกติ(คือเดือนมิถุนายน - มกราคม) หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้น ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆดังนี้ คือ (1) ด้านความต้องการของลูกค้า (2) เวลาที่ใช้ในด้านเครื่องจักร (3) ด้านวัตถุดิบ (4) ด้านกำลังการผลิตสูงสุด ส่วนการวิเคราะห์ความไวจะวิเคราะห์ผลดังนี้ (1) สัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (2) ค่าด้านขวาของแต่ละข้อจำกัด

ผลการวิเคราะห์พบว่า น้ำหวานเข้มข้นที่มียอดขายมาก คือกลิ่นสละ รองลงมาคือกลิ่นครีม โชดา ส่วนน้ำหวานเข้มข้นที่มียอดขายน้อย คือ กลิ่นบ๊วย ผลวิเคราะห์ความไวแสดงว่า การเปลี่ยนแปลงสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ไม่มีผลต่อจำนวนที่ต้องผลิตผลิตภัณฑ์ แต่ในกรณีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้องการของลูกค้า, เวลาที่ใช้ในด้านเครื่องจักร, ด้านวัตถุดิบ หรือด้านกำลังการผลิต ซึ่งจะมีผลต่อจำนวนที่ต้องผลิต โดยเฉพาะข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้า

Special Project Title	Aggregate Planning for Concentrated Flavoured Syrup Products Using Linear Programming
Name	Chatvilai Wirotjarutsri Cheewaporn Kruthangka Sureerat Lertmahavanich
Department	Applied Statistics
Program	Applied Statistics
Academic Year	2007
Special Project Advisor	Associate Prof. Dr. Walailak Atthirawong

ABSTRACT

In recent years, the concentrated flavoured syrup market has been showing a good growth in Thailand. The main objective of this study is to set a production plan that will effectively utilize the organization's resource to satisfy expected demand. In general, aggregate planning is set by the company's policies in order to match the supply and demand with a minimum cost. Two techniques i.e., time-series forecasting techniques and linear programming model were employed for developing a production plan. Aggregate planning began with a forecast of expected demand via Box and Jenkins for 12 months. Data of demand sales of eleven types of concentrated flavoured syrup were collected between January 2000 and September 2007 from Chinnasub Co.,Ltd. company. The sale forecasting results from Box and Jenkins were divided into two groups, high period (from February to May) and regular period (from June to January). After that, linear programming was developed to determine to most effective use of the company resources or constraints. In this study, the resources include (1) customer demand (2) machinery (3) raw materials (4) production capacity. Sensitivity analysis was also employed to examine the effects of changes in two areas: (1) objective function (2) the right-hand side quantities in each constraints.

The results reveal that the Sala flavoured is the most popular flavoured, followed by Cream Soda. In contrast, Nectarine is the least popular flavoured. The analytical sensitivity method shows that the changes of variables in objective function do not effect the optimal solution. However, the changes of quantity in customer demand, machinery, raw materials or production capacity do effect the optimal solution, especially the constraints of customer demand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วัลย์ลักษณ์ อัคริรวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ผู้ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนหนังสืออ้างอิงต่างๆ จนกระทั่งทำให้ปัญหาพิเศษนี้สำเร็จด้วยดี และขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบปัญหาพิเศษที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขทำให้ปัญหาพิเศษฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ให้ความรู้ และให้คำแนะนำต่างๆ มาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณห้างหุ้นส่วนจำกัดชินทรัพย์ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลต่างๆ ในการทำปัญหาพิเศษ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาสถิติประยุกต์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องการติดต่อประสานงานด้านต่างๆ

นางสาว ฉัตรวิไล วิโรจน์จรัสศรี

นางสาว ชีวกร ครูทางคะ

นางสาว สุรรัตน์ เลิศมหาวนิช

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ที่ศึกษา	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ตัวแปร	2
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ	2
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาและเทคนิคการพยากรณ์	5
2.2 การโปรแกรมเชิงเส้น	22
2.3 การวิเคราะห์ความไว	32
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา	37
3.2 ศึกษากระบวนการผลิต	38
3.3 ขอบเขตปัญหา	39
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	40
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์	
4.1 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลา	43
4.2 วิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้น	120
4.3 ผลการวิเคราะห์ความไว	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์	134
5.2 ปัญหาที่พบในการศึกษาปัญหาพิเศษ	141
5.3 ข้อเสนอแนะ	141
บรรณานุกรม	142
ภาคผนวก ก	145
ภาคผนวก ข	156
ภาคผนวก ค	164



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
3.1	รายการผลิตภัณฑ์, ตัวแปรที่อยู่ในขอบเขตศึกษา และต้นทุนแต่ละรายการผลิตภัณฑ์	40
4.1	ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	44
4.2	ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	45
4.3	ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	46
4.4	การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	47
4.5	การทดสอบสมมติฐาน โดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung	48
4.6	ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	49
4.7	ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา	50
4.8	ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า รวมของ น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โซดา	52
4.9	ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โซดา	52
4.10	การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา	53
4.11	การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung	54
4.12	ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โซดา ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	56
4.13	ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	57
4.14	ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	59
4.15	ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	59
4.16	การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	60
4.17	การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung	61
4.18	ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	63
4.19	ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.20 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นมะลิ	66
4.21 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นมะลิ	66
4.22 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	67
4.23 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung	68
4.24 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นมะลิตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	70
4.25 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นสับปะรด	71
4.26 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นสับปะรด	73
4.27 แสดงค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของ น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	73
4.28 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐาน ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	74
4.29 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung	75
4.30 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นสับปะรดตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	77
4.31 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นกาแฟ	78
4.32 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นกาแฟ	80
4.33 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นกาแฟ	80
4.34 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.35 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung	82
4.36 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้น กลั่นกาแฟตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	83
4.37 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้น กลั่นบัว	84
4.38 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลั่นบัว	86
4.39 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้นกลั่นบัว	86
4.40 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้นกลั่นบัว	87
4.41 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung	88
4.42 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้น กลั่นบัวตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	90
4.43 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้น กลั่นบลูเบอร์รี่	91
4.44 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลั่นบลูเบอร์รี่	93
4.45 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลั่นบลูเบอร์รี่	94
4.46 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐาน ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้นกลั่นบลูเบอร์รี่	94
4.47 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung	95
4.48 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวาน เข้มข้นกลั่นบลูเบอร์รี่ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	97
4.49 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้น กลั่นกล้วยหอม	98
4.50 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลั่นกล้วยหอม	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า	
4.51	ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นกล้วยหอม	100
4.52	การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	101
4.53	การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung	102
4.54	ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายสินค้า น้ำหวาน เข้มข้นกลิ่นกล้วยหอมตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	104
4.55	ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้น กลิ่นองุ่น	105
4.56	ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นองุ่น	107
4.57	แสดงค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวาน เข้มข้นกลิ่นองุ่น	107
4.58	การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐาน ของอนุกรมเวลายอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	108
4.59	การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung	109
4.60	ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้น กลิ่นองุ่นตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	111
4.61	ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	112
4.62	ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า ของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นลิ้นจี่	114
4.63	แสดงค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าของน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นลิ้นจี่	114
4.64	การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลา ยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	115
4.65	การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung	116
4.66	ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้น กลิ่นลิ้นจี่ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551	118
4.67	สรุปรูปแบบสมการพยากรณ์สินค้า น้ำหวานเข้มข้นชนิดต่าง ๆ	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญัตราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.68 ค่าความต้องการผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาปกติและช่วงเวลาคำความต้องการ สินค้าในปริมาณที่เหมาะสม	120
4.69 รายการสินค้าและตัวแปรที่อยู่ในขอบเขตการศึกษา	121
4.70 ปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดแต่ละเดือนในปริมาณที่เหมาะสม	124
4.71 ปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดแต่ละเดือนในปริมาณที่เหมาะสม	128
4.72 ผลการวิเคราะห์ความไวช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของ ตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์	129
4.73 ผลการวิเคราะห์ความไวการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ทำให้ตัวแบบเดิมยังคงใช้ได้ สามารถเป็นไปได้ในช่วงต่างๆ	132
5.1 สรุปรูปแบบสมการพยากรณ์สินค้าน้ำหวานเข้มข้นชนิดต่าง ๆ	135
5.2 ปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดแต่ละเดือนในปริมาณที่เหมาะสม ในช่วงความต้องการสินค้าในปริมาณมาก	136
5.3 ปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดแต่ละเดือนในปริมาณที่เหมาะสม ในช่วงเวลาคำความต้องการสินค้าในปริมาณปกติ	137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 แนวโน้มขึ้นของอนุกรมเวลา	7
2.2 แนวโน้มเส้นตรง เมื่อเวลา t ผ่านไป ค่า Y_t (ก) จะมีค่าเพิ่มขึ้น และ(ข) ลดลง ในอัตราคงที่	7
2.3 อิทธิพลของฤดูกาลในช่วงเวลา 2 ปี	8
2.4 อิทธิพลของวัฏจักรธุรกิจในช่วงเวลาระหว่างปี 2525-2545	8
2.5 อนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารี (Stationary Series)	10
2.6 อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี (Non Stationary Series) เนื่องจากมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง	10
2.7 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ AR(1)เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน	13
2.8 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ AR(2)เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน	13
2.9 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ MA(1)เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน	14
2.10 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ MA(2) เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน	15
2.11 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ ARMA (1,1) เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน	16
2.12 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับรูปแบบ SAR(1) ₁₂	19
2.13 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับรูปแบบ SMA(1) ₁₂	20
2.14 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับรูปแบบ SARIMA (1,1,1) ₁₂	20
3.1 ผลกระทบที่น้ำหวานเข้มข้น มีตราสัญลักษณ์ว่า “Sunny”	37
4.1 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้น กลั่นสละ	43
4.2 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวาน เข้มข้นกลั่นสละ	44
4.3 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	45
4.4 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นสละ	45
4.5 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นสละ	46
4.6 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวาน เข้มข้นกลั่นครีม โชคา	50

สารบัญรูปลูกภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.7 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชดา	51
4.8 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	51
4.9 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชดา	52
4.10 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชดา	53
4.11 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	57
4.12 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	58
4.13 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	58
4.14 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	59
4.15 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	60
4.16 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้น กลิ่นมะลิ	64
4.17 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	65
4.18 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	65
4.19 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	66
4.20 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	66
4.21 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวาน	71
4.22 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรดเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	72
4.23 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปร่างภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.24 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวาน เข้มข้นกลั่นสับปะรด	73
4.25 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวาน เข้มข้นกลั่นสับปะรด	74
4.26 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้าน้ำหวานเข้มข้น กลั่นกาแฟ	78
4.27 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นกาแฟ	79
4.28 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	79
4.29 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นกาแฟ	80
4.30 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นกาแฟ	80
4.31 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นบ๊วย	84
4.32 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นบ๊วย	85
4.33 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	85
4.34 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นบ๊วย	86
4.35 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นบ๊วย	87
4.36 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นบลูเบอร์รี่	91
4.37 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลั่นบลูเบอร์รี่	92
4.38 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.39 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	93
4.40 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	93
4.41 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	98
4.42 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	99
4.43 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	99
4.44 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	100
4.45 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	101
4.46 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	105
4.47 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	106
4.48 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	106
4.49 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	107
4.50 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	108
4.51 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	112
4.52 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	113
4.53 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปร่างภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4. 54	คอรเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่
	114
4.55	คอรเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาของยอดขายสินค้า น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่
	115
ข.1	ภาพหน้าจอโปรแกรม TORA
	156
ข.2	เลือกเมนูคำสั่ง Linear Programming ของโปรแกรม TORA เพื่อเข้าสู่การวิเคราะห์ด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น
	156
ข.3	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาดำเนินการ ของ $X_1 - X_{11}$
	157
ข.3(ต่อ)	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาดำเนินการ ของ $X_1 - X_{11}$
	157
ข.4	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของ $X_1 - X_{11}$
	158
ข.4 (ต่อ)	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของ $X_1 - X_{11}$
	158
ข.5	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีการเปลี่ยนแปลงเลขทาง ขวามือของสมการข้อจำกัดที่ 1 - 26
	159
ข.5(ต่อ)	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีการเปลี่ยนแปลงเลขทาง ขวามือของสมการข้อจำกัดที่ 1-26
	159
ข.5(ต่อ)	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีการเปลี่ยนแปลงเลขทาง ขวามือของสมการข้อจำกัดที่ 1-26
	160
ข.6	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาดำเนินการ ของ $X_1 - X_{11}$
	160
ข.6(ต่อ)	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาดำเนินการ ของ $X_1 - X_{11}$
	161
ข.7	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์กรณีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของ ตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $X_1 - X_{11}$
	161
ข.7 (ต่อ)	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์กรณีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $X_1 - X_{11}$
	162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.8 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทาง ขวามือของสมการข้อจำกัดที่ 1 – 26	162
ข.8 (ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทาง ขวามือของสมการข้อจำกัดที่ 1 - 26	163
ข.8 (ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทาง ขวามือของสมการข้อจำกัดที่ 1-26	163
ค.1 กระบวนการผลิตน้ำหวานเข้มข้นของห้างหุ้นส่วนจำกัดชินทรัพย์	164



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นเมืองในเขตภูมิอากาศแบบร้อน ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มจึงได้รับความนิยมนอกจากคนทุกเพศทุกวัย เพื่อที่จะรองรับกับความต้องการของตลาดจึงได้มีการผลิตเครื่องดื่มออกมาหลายรูปแบบ เช่น น้ำหวานพร้อมดื่ม น้ำหวานเข้มข้น น้ำผลไม้ และน้ำอัดลม เป็นต้น โดยตลาดผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องดื่มในอดีตมีอัตราการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง และมีการแข่งขันสูง แต่ในปัจจุบันภาวะเศรษฐกิจเกิดการชะลอตัว อันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ เช่น ราคาน้ำมันที่สูงขึ้น รวมทั้งความผันผวนทางการเมือง ทำให้ธุรกิจบางประเภทเกิดการขาดทุนและอาจต้องปิดตัวลง ส่วนธุรกิจที่ยังดำเนินการอยู่จึงต้องมีการแข่งขันกันมากขึ้น

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินทรัพย์ซึ่งเป็นโรงงานผลิตน้ำหวานเข้มข้นเป็นอีกหนึ่งธุรกิจที่ได้รับผลกระทบจากการชะลอตัวของเศรษฐกิจ และปัญหาการแข่งขันเพื่อแย่งส่วนแบ่งทางการตลาดของธุรกิจทำให้ต้องพยายามพัฒนารูปแบบการจัดการ ซึ่งจากที่ผ่านมาทางโรงงานยังมีการวางแผนที่ไม่เป็นระบบทำให้ไม่สามารถควบคุมการใช้ปริมาณทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น วัตถุดิบ แรงงาน ฯลฯ ซึ่งปัจจุบันมีการแข่งขันสูงทำให้ต้องพัฒนาการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าใช้จ่าย สามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่น และสามารถดำเนินธุรกิจได้ในสถานะที่มีการแข่งขันทั้งทางด้านคุณภาพและราคาสินค้าภายใต้ภาวะเศรษฐกิจที่ไม่แน่นอน

ดังนั้นคณะผู้จัดทำกรวิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาความสามารถในด้านการจัดการกับการวางแผนการผลิตของห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินทรัพย์ โดยนำวิธีการ โปรแกรมเชิงเส้นเข้าช่วยเพื่อที่จะพัฒนาความสามารถในการจัดการกับทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด และมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด โดยเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้นนี้ เป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์เทคนิคชนิดหนึ่ง ที่สามารถนำมาประยุกต์เพื่อช่วยในการวางแผนได้

1.2 วัตถุประสงค์ที่ศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาระบบการจัดการผลิตของโรงงานน้ำหวาน
- 1.2.2 เพื่อพยากรณ์ความต้องการของปริมาณสินค้า
- 1.2.3 เพื่อนำตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นตรง (Linear Programming) มาใช้สำหรับการวางแผนการผลิต ห้างหุ้นส่วนจำกัดชินทรัพย์ โรงงานผลิตน้ำหวานเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตน้ำหวานประเภทต่างๆ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้น

1.3.2 กำหนดวัตถุประสงค์ขององค์กร โดยพิจารณาจากปริมาณการผลิตน้ำหวานเข้มข้นเพื่อให้ได้ต้นทุนโดยรวมในการผลิตต่ำสุด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำข้อมูลทีวิเคราะห์มาเป็นแนวทางในการตัดสินใจผลิตผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่เหมาะสม และสามารถลดต้นทุนของโรงงานได้

1.4.2 เป็นข้อเสนอแนะให้กับผู้บริหารในการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการผลิต

1.5 ตัวแปร

X_i คือ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) หรือ จำนวนหน่วยของกิจกรรมที่ i ที่ตัดสินใจจะทำ เช่น อาจหมายถึงจำนวนหน่วย ของผลิตภัณฑ์ที่ i ที่เราจะทำการผลิต ; $i = 1, 2, \dots, n$

a_{ij} คือ จำนวนทรัพยากรชนิดที่ i ที่จะใช้ในการทำกิจกรรมที่ j หนึ่งหน่วย (Resource Consumption Rate) ; $i = 1, 2, \dots, n$ และ $j = 1, 2, \dots, m$

b_i คือ จำนวนทรัพยากร (Resource) ชนิดที่ i ที่มีอยู่เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่างๆ ; $i = 1, 2, \dots, n$

C_i คือ ผลตอบแทน (Profit หรือ Return) ที่ได้จากการตัดสินใจทำกิจกรรมที่ i หนึ่งหน่วย

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 น้ำตาลกลูโคส (Glucose) มีอยู่ในธรรมชาติทั่วไป ในพืช ผัก ผลไม้ อุ่น ข้าวโพด น้ำผึ้งเป็นน้ำตาลที่สลายให้พลังงานมากที่สุดในสิ่งมีชีวิต มีความหวานเป็นที่สองรองจากน้ำตาลฟรุกโทส ทางกรแพทย์ใช้กลูโคสเป็นแหล่งพลังงานที่ต้องการใช้อย่างรวดเร็ว เช่น ในคนป่วยที่อ่อนแอ น้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลชนิดเดียวในกระแสเลือดของมนุษย์ที่ได้จากการย่อยคาร์โบไฮเดรตจึงเรียกว่า น้ำตาลในเลือด (Blood Sugar)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.2 สารให้ความหวานแทนน้ำตาล เป็นสารเคมีที่ใช้กันมากอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งให้รสหวาน แต่ไม่มีคุณค่าทางโภชนาการและไม่ให้พลังงาน ใช้แทนที่น้ำตาลซึ่งผู้ป่วยโรคเบาหวานใช้ไม่ได้ จึงเป็นสารที่มีคุณค่าทางการแพทย์ นอกจากนี้ยังใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหารสำหรับผู้เป็นโรคอ้วน และใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอาหาร เพื่อลดต้นทุนการผลิต

1.6.3 แอสพาทาม (Aspartame : APT) คือ เมทิลเอสเทอร์ของ L-aspartyl-L-phenylalanine สังเคราะห์จากกรดอะมิโนฟีนอลอะลานีน และกรดแอสพาร์ติก ซึ่งได้มาจากการหมัก APT เป็นผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น มีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 150-200 เท่า ให้พลังงาน 4 Kcal/g

1.6.4 อะเซซัลเฟมเค (Acesulfame K) ส่วนประกอบทางเคมี คือ $C_4H_4NO_4KS$ สารประกอบชนิดนี้ละลายได้ดีในน้ำ ให้สารละลายเป็นกลางมีความหวานเข้มข้น 150-120 เท่า หวานกว่าซูโครส เป็นผลึกผลึกสีขาวไม่มีกลิ่น ส่วนใหญ่จะใช้กับเครื่องดื่ม และ หมากรฝรั่งในทางเภสัชใช้กับน้ำยาบ้วนปากและยาสีฟัน

1.6.5 กรดมะนาว เป็นกรดอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ง่าย มีรสเปรี้ยว กลิ่นหอม มีความเป็นพิษต่ำ และย่อยสลายง่าย เป็นสารที่มีความสำคัญทางอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมเครื่องดื่มอุตสาหกรรมยา อุตสาหกรรมเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมอื่น

1.6.6 การบริหารการผลิต การบริหารกระบวนการผลิตหรือกระบวนการแปลงสภาพปัจจัยการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์และบริการตามคุณลักษณะเฉพาะตามปริมาณตามระยะเวลาที่กำหนดได้โดยให้เสียค่าใช้จ่ายต่ำสุดหรือกำไรสูงสุด

1.6.7 การวางแผน คือ การกำหนดขั้นตอนและขยายวัตถุประสงค์นโยบายโครงการ การค้นพบปัญหา และวิธีการที่ดีที่สุด เพื่อดำเนินงานให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการศึกษาปัญหาพิเศษมีขั้นตอนในการดำเนินงานดังนี้

1.7.1 ศึกษากระบวนการผลิตของห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินทรัพย์

ศึกษาระบบงานการผลิตภัณฑ์ของห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินทรัพย์โดยศึกษาถึงผลิตภัณฑ์ที่โรงงานทำการผลิต ขั้นตอน และ วิธีการผลิต ชนิด ปริมาณ ของวัตถุดิบ ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ แต่ละชนิด จำนวนแรงงาน ต้นทุน เชื้อเพลิง และเครื่องจักรที่ใช้เป็นปัจจัยในการผลิต และความสามารถที่มีอย่างจำกัดของปัจจัยการผลิตทั้งหมด ความต้องการของตลาดและนโยบายการวางแผนการผลิตของโรงงาน

1.7.2 เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการผลิต

หลังจากการศึกษาระบบการผลิตของห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินทรัพย์แล้วจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตโดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้เป็นข้อมูลจากทุติยภูมิจากห้างหุ้นส่วนจำกัดชินทรัพย์

1.7.3 วิเคราะห์ปริมาณความต้องการจากการพยากรณ์และสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์

นำยอดขายผลิตภัณฑ์แต่ละเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2543 ถึง กันยายน 2550 ของน้ำหวานเข้มข้น 11 ประเภท มาทำการพยากรณ์เพื่อนำยอดขายที่ได้จากการพยากรณ์และข้อมูลอื่นๆที่ได้นำมาสร้างเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยกำหนดตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์และฟังก์ชันข้อจำกัด ตามรูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น

1.7.4 วิเคราะห์ข้อมูล

นำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการ โปรแกรมเชิงเส้นเข้ามาช่วยในการคำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม

1.7.5 วิเคราะห์ความไว

นำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ความไวเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงในด้านต่างๆ เช่น วัตถุดิบ แรงงาน ฯลฯ ส่งผลให้ต้นทุนเกิดการเปลี่ยนแปลง

1.7.6 สรุปผลและการนำไปใช้

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์มาเป็นแนวทางในการวางแผนและเสนอแนะให้กับผู้บริหารโรงงาน

1.7.7 จัดทำรายงานและรูปเล่มปัญหาพิเศษ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ได้รวบรวมทฤษฎีและงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์อนุกรมเวลา เทคนิคการพยากรณ์ และการโปรแกรมเชิงเส้น การวิเคราะห์ความไว โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์อนุกรมเวลาและการพยากรณ์

การพยากรณ์ (ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549) หมายถึงการคาดคะเนหรือทำนายลักษณะการเกิดของเหตุการณ์หรือสภาพการณ์ในอนาคตโดยศึกษารูปแบบการเกิดของเหตุการณ์หรือสภาพการณ์จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างมีระบบ หรือจากความรู้ความสามารถ ประสบการณ์ และวิจารณญาณของผู้พยากรณ์ การพยากรณ์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อบุคคลและองค์กรในงานสาขาต่างๆ ตัวอย่างเช่น การเงิน การบริหาร การขาย การวิจัย การศึกษา เศรษฐกิจ อุตุนิยมวิทยา อุตสาหกรรม เพราะเมื่อผู้บริหารองค์กรทั้งขนาดเล็กหรือใหญ่และทั้งของรัฐและเอกชนทราบว่าจะเกิดเหตุการณ์หรือสภาพการณ์ใดในอนาคตด้วยความเชื่อมั่นระดับหนึ่ง การวางแผนหรือการตัดสินใจที่ถูกต้องจะให้ประโยชน์สูงสุดแก่องค์กร การพยากรณ์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ

การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (สมศรี บัณฑิตวิไล, 2548) มีหลายวิธี ซึ่งแบ่งตามลักษณะการพยากรณ์ได้ 4 แบบ คือ

1. การพยากรณ์ด้วยวิจารณญาณ เป็นการพยากรณ์ที่ผู้พยากรณ์ใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ และวิจารณญาณที่เกี่ยวข้องมาพยากรณ์แนวโน้ม รสนิยม และการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีโดยไม่เน้นกระบวนการพยากรณ์ การพยากรณ์มีทั้งแบบมีระบบ และไม่มีระบบ
2. การพยากรณ์ด้วยการค้นหา เป็นการพยากรณ์ด้วยการประเมินสถานการณ์หรือแนวโน้มว่าจะเกิดอะไรขึ้นและเกิดเมื่อใด และหาแนวทางการดำเนินงานจากความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ และวิสัยทัศน์ของผู้พยากรณ์
3. การพยากรณ์ตามเป้าหมาย เป็นการพยากรณ์ที่มีการกำหนดวัตถุประสงค์เป้าหมาย และความต้องการขององค์กร
4. การพยากรณ์จากเส้นโค้ง เป็นการพยากรณ์ที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยี เทคโนโลยีทดแทน และเส้นโค้งการเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การพยากรณ์เชิงปริมาณ

การพยากรณ์เชิงปริมาณเป็นการพยากรณ์ที่ใช้รายละเอียดของข้อมูลในอดีตที่มีการเก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่องเป็นหลักในการพยากรณ์ การพยากรณ์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. การวิเคราะห์อนุกรมเวลา (Univariate Time Series Analysis) เป็นการศึกษาหารูปแบบการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่กำหนดด้วยรูปแบบอนุกรมเวลา (Time Series Model) จากรูปแบบที่ได้จะนำไปใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ ข้อสมมติของการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ได้แก่ แผนแบบการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในอนาคตไม่ต่างจากแผนแบบการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในอดีต ระดับความถูกต้องของการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของรูปแบบอนุกรมเวลาที่กำหนด การวิเคราะห์อนุกรมเวลาเป็นการวิเคราะห์จากหนึ่งปัจจัยหรือหนึ่งตัวแปรหรือหนึ่งอนุกรมเวลา จึงเหมาะกับสภาพของการพยากรณ์ที่ไม่มีปัจจัยอื่นๆ ทั้งที่เป็นนโยบายในองค์กรหรือองค์กรเข้ามาเกี่ยวข้อง วิธีการพยากรณ์ที่ใช้กันมากมีดังนี้

1) วิธีอย่างง่าย (Naive Method) ค่าพยากรณ์ในอนาคตเป็นค่าที่ปรับจากค่าสังเกตล่าสุด โดยกำหนดจากการคาดการณ์ด้วยประสบการณ์จากข้อมูลที่มี

2) วิธีแยกส่วนประกอบ (Decomposition Method) ค่าพยากรณ์ในอนาคตจะได้จาก การรวมค่าวัดส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ได้แก่ ค่าแนวโน้ม ค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล ค่าวัดวัฏจักร และค่าวัดเหตุการณ์ปกติ

3) วิธีปรับให้เรียบ (Smoothing Method) ค่าพยากรณ์ในอนาคตจะได้จากค่าสังเกตในอดีตโดยให้น้ำหนักกับค่าสังเกตแบบต่างๆ

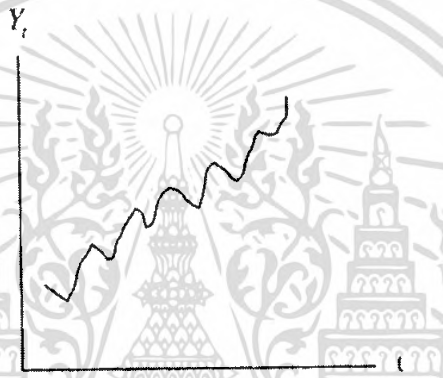
4) วิธีของ Box และ Jenkins เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยการหารูปแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (Autocorrelation Function, ACF) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function, PACF) เป็นหลักในการพิจารณา

2. การพยากรณ์เชิงเทคโนโลยี (Technological Approach) จะใช้เมื่อไม่มีข้อมูลเชิงปริมาณ หรือมีข้อมูลเชิงปริมาณน้อยมาก ผู้พยากรณ์จะต้องใช้ความสามารถและวิจารณญาณในการพิจารณาการเกิดเหตุการณ์ต่างๆ ในระยะยาว

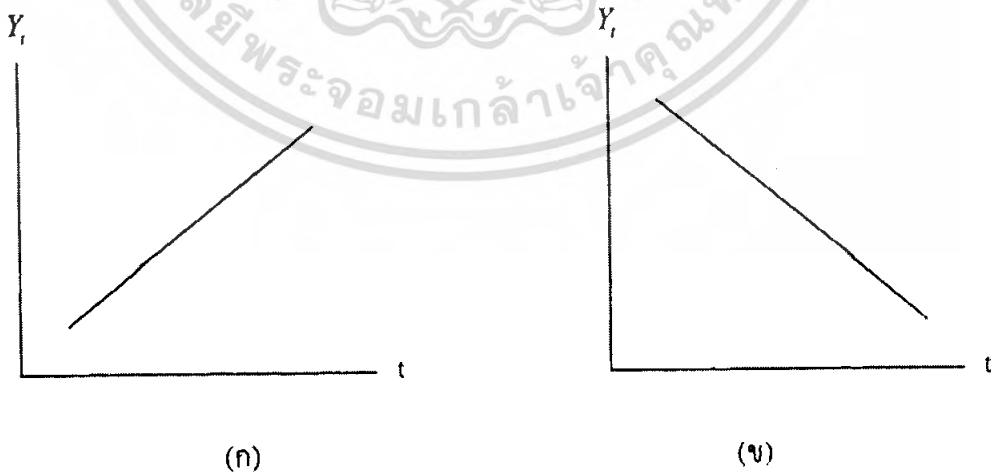
2.1.3 ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

ส่วนประกอบหลักของอนุกรมเวลา มีรายละเอียดดังนี้

1. แนวโน้ม หมายถึง การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในระยะยาวซึ่งอาจจะเป็นแนวโน้มขึ้นหรือลง (Upward or Downward Trend) รูปที่ 2.1 แสดงแนวโน้มขึ้นของอนุกรมเวลา แนวโน้มจะสะท้อนให้เห็นถึงความเจริญและความเสื่อมของเหตุการณ์ต่างๆ เช่น รายได้ประชาชาติ จำนวนนักท่องเที่ยวที่เดินทางเข้ามา เป็นต้น เราสามารถพิจารณาแนวโน้มจากกราฟ (t, Y_t) รูปที่ 2.2 แสดงแนวโน้มเส้นตรง กล่าวคือ เมื่อเวลาผ่านไปค่าสังเกตจะมีค่าเพิ่มขึ้น (ก) หรือลดลง (ข) ในอัตราคงที่



รูปที่ 2.1 แนวโน้มขึ้นของอนุกรมเวลา



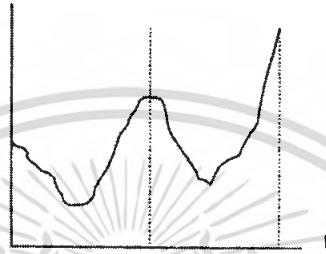
รูปที่ 2.2 แนวโน้มเส้นตรง เมื่อเวลา t ผ่านไป ค่า Y_t (ก) จะมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราคงที่

และค่า Y_t (ข) จะมีค่าลดลง ในอัตราคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

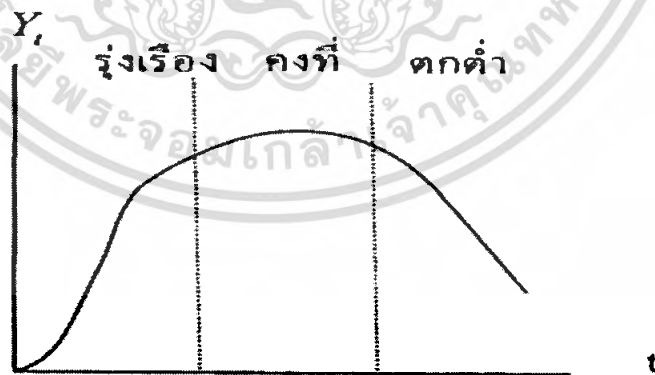
2. **อิทธิพลของฤดูกาล** หมายถึง การเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกในช่วงเวลาหนึ่ง ส่วนใหญ่จะเป็น 1 ปี ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอิทธิพลของฤดูกาลมีได้หลายปัจจัย เช่น สภาพอากาศ อุณหภูมิ วัฒนธรรม เป็นต้น อนุกรมเวลาที่ใช้พิจารณาอิทธิพลของฤดูกาลมักเป็นอนุกรมเวลารายเดือน หรือ รายไตรมาสที่มีการเก็บรวบรวมอย่างน้อย 2 ปีขึ้นไป

ยอดขาย



รูปที่ 2.3 อิทธิพลของฤดูกาลในช่วงเวลา 2 ปี

3. **อิทธิพลของวัฏจักร** หมายถึง การเคลื่อนไหวที่มีลักษณะคล้ายกับลักษณะอิทธิพลของฤดูกาล โดยวัฏจักรหนึ่งจะครอบคลุมระยะเวลาหลายปี แต่ละช่วงมีการเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกันมาก วัฏจักรที่พบบ่อยเป็น วัฏจักรธุรกิจ โดยแบ่งได้เป็น 3 ช่วง ช่วงรุ่งเรือง ช่วงคงที่ และช่วงตกต่ำ



รูปที่ 2.4 อิทธิพลของวัฏจักรธุรกิจในช่วงเวลาระหว่างปี 2525-2545

4. **เหตุการณ์ที่ผิดปกติ** หมายถึง การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเฉพาะส่วนที่ไม่มีแผนแบบแน่นอน เหตุการณ์ที่ผิดปกติส่วนใหญ่เป็นเหตุการณ์ที่ไม่ได้คาดคิด เช่น เหตุการณ์น้ำท่วม ไฟไหม้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 เทคนิคการพยากรณ์ Box และ Jenkins

เป็นวิธีการพยากรณ์ค่าในอนาคตที่พัฒนาโดยนักสถิติผู้มีชื่อเสียงสองท่านคือ George E.P.Box และ Gwilym M. Jenkins ได้นำเสนอรูปแบบ ARIMA ไว้ในหนังสือชื่อ Time Series Analysis: Forecasting and Control ที่เริ่มเผยแพร่ในปี ค.ศ.1970 และปรับปรุงในปี ค.ศ.1994 ซึ่งได้รับความนิยมมากจนถึงปัจจุบัน โดยกำหนดรูปแบบ ARIMA ซึ่งเป็นรูปแบบที่อธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่ค่าสังเกตมีสหสัมพันธ์กันแบบอัตโนมัติและเป็นสเตชันนารี แม้ว่าอนุกรมเวลาที่เก็บรวบรวมโดยทั่วไปจะมีการเคลื่อนไหวเนื่องจากแนวโน้ม และฤดูกาลซึ่งเป็นลักษณะของอนุกรมเวลาที่ไม่มีสเตชันนารี แต่สามารถใช้รูปแบบ ARIMA กับอนุกรมเวลาที่ไม่มีสเตชันนารีโดยแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่มีสเตชันนารีให้เป็นอนุกรมเวลาใหม่ที่เป็นสเตชันนารีแล้วจึงกำหนดรูปแบบ ARIMA ให้กับอนุกรมเวลาใหม่ที่เป็นสเตชันนารี

รูปแบบที่กำหนดให้กับอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีเป็นรูปแบบในกลุ่มของรูปแบบ ARMA(p,q) (Autoregressive and Moving Average Order p and q Model) ที่เกิดจากการรวมส่วนของรูปแบบ AR(p) และรูปแบบ MA(q) โดยรูปแบบ AR(p) เป็นรูปแบบที่กำหนดว่าค่าสังเกต Y_t ขึ้นอยู่กับค่าสังเกตก่อนหน้าที่เวลา $t-1, \dots, t-p$ ได้แก่ Y_{t-1}, \dots, Y_{t-p} ส่วนรูปแบบ MA(q) เป็นรูปแบบที่กำหนดว่าค่าสังเกต Y_t ขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนก่อนหน้าที่เวลา $t-1, \dots, t-p$ ได้แก่ $\varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-p}$ ทุกรูปแบบมีค่าคงที่ θ_0 และค่าความคลาดเคลื่อน ε_t ตัวอย่างเช่น

รูปแบบ AR(1) เป็นรูปแบบที่กำหนดว่า Y_t ขึ้นกับ Y_{t-1} $Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$

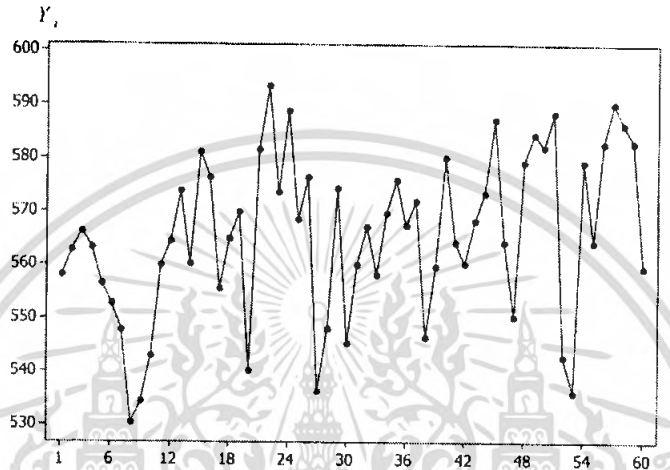
รูปแบบ MA(1) เป็นรูปแบบที่กำหนดว่า Y_t ขึ้นกับ ε_{t-1} $Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$

รูปแบบ ARMA(1,1) เป็นรูปแบบที่กำหนดว่า Y_t ขึ้นกับ Y_{t-1} และ ε_{t-1} $Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$

การกำหนดรูปแบบ ARMA (p,q) ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา จะได้จากการพิจารณาว่าอนุกรมเวลาที่มีค่าสังเกตลักษณะบางค่าได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของตัวเอง (r_k และ r_{kk}) สอดคล้องกับค่าสังเกตลักษณะ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนของการประชากร (ρ_k และ ρ_{kk}) ของรูปแบบ ARMA(p,q) โดยขนาดของอนุกรมเวลาต้องใหญ่พอสมควรซึ่งควรมีขนาดไม่น้อยกว่า 30 เพื่อให้ค่าที่คำนวณได้มีความน่าเชื่อถือ

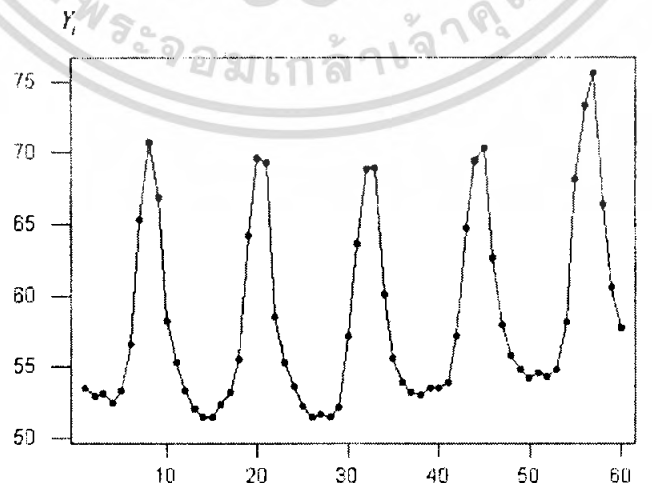
อนุกรมเวลาที่จะนำมาใช้เพื่อการพยากรณ์มักมีลักษณะการเคลื่อนไหวที่ต่างกัน โดยทั่วไปจะอธิบายการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาด้วยส่วนประกอบของอนุกรมเวลา วิธีของ Box และ Jenkins แบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา ดังนี้

1.อนุกรมเวลาที่เป็นสแตชันนารี (Stationary Series) เป็นอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ ที่มีค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของ Y_t คงที่ สำหรับแต่ละเวลา t และอนุกรมเวลาที่เป็นสแตชันนารีจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองที่ lag k ขึ้นอยู่กับค่า k อย่างเดียว อนุกรมเวลาที่จะกำหนดรูปแบบ ARMA (p,q) ให้จะต้องเป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสแตชันนารีเท่านั้น ลักษณะข้อมูลที่เป็นสแตชันนารีแสดงได้ดังรูปที่2.5



รูปที่2.5 อนุกรมเวลาที่เป็นสแตชันนารี (Stationary Series)

2.อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสแตชันนารี (Non Stationary Series) เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่มีความสมบัติเป็นสแตชันนารี จะหารูปแบบ ARMA (p,q) ให้กับอนุกรมเวลาดังกล่าวไม่ได้ จะต้องแปลงอนุกรมเวลานั้นให้เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสแตชันนารีก่อน จึงจะหารูปแบบ ARMA (p,q) ให้กับอนุกรมเวลาใหม่ได้



รูปที่2.6 อนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสแตชันนารี (Non Stationary Series) เนื่องจากมีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน

กำหนดรูปแบบ ARMA(p,q) ให้กับอนุกรมเวลาจะทำได้โดยการเปรียบเทียบกราฟคอเรโลแกรมของ r_k และ r_{kk} จากอนุกรมเวลากับกราฟคอเรโลแกรมของ ρ_k และ ρ_{kk} ของรูปแบบ ดังนั้นจะต้องมีการคำนวณหาค่า r_k และ r_{kk} สำหรับ k หลายๆค่า สำหรับอนุกรมเวลาฤดูกาลควรรหาค่า r_k และ r_{kk} สำหรับ k ที่เป็นจำนวนเท่าของจำนวนฤดูกาลต่อปีหลายๆค่า

r_k เป็นค่าประมาณของ ρ_k ซึ่ง

$$r_k = \frac{\sum (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum (Y_t - \bar{Y})^2} \quad \text{สำหรับ } k = 1, 2, \dots$$

r_k เป็นค่าวัดสหสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตในอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา หรือค่าวัดสหสัมพันธ์ระหว่าง Y_t และ Y_{t+k}

1. r_k มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 เมื่อขนาดของ r_k ที่วัดด้วย $|r_k|$ มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าค่าสังเกตที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลามีสหสัมพันธ์กันสูง
2. $r_k = r_{-k}$ คือ การวัดสหสัมพันธ์ระหว่าง Y_t และ Y_{t-k} หรือระหว่าง Y_t และ Y_{t+k} ซึ่งต่างก็เป็นค่าสังเกตที่อยู่ห่างกัน k ค่า

r_{kk} เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วนซึ่งคำนวณจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองไว้วัดค่าความคาดเคลื่อนระหว่างค่าสังเกตในอนุกรมเวลาที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา โดยที่ r_{kk} มีการแจกแจงใกล้เคียงการแจกแจงปกติ ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และค่าความแปรปรวน เป็น $\sigma_{r_{kk}}^2$

r_{kk} เป็นค่าประมาณของ ρ_{kk} ซึ่ง

$$r_{kk} = \begin{cases} r_1 & , k=1 \\ \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_j} & , k=2, 3, \dots \end{cases}$$

$$\text{โดย } r_{kj} = r_{k-1,j} - r_{kk} r_{k-1,k-j} \quad , j = 1, 2, \dots, k-1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 ขั้นตอนการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบ Box และ Jenkins แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดตัวแบบ (Identification)

ก่อนการกำหนดตัวแบบให้กับอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ จะต้องพิจารณาว่าอนุกรมเวลานั้นมีคุณสมบัติเป็นสเตชันนารีหรือไม่ หากพบว่าอนุกรมเวลาไม่เป็นสเตชันนารีต้องแปลงอนุกรมเวลาใหม่ให้เป็นสเตชันนารีก่อน แล้วจึงหาตัวแบบที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลาใหม่

ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์แบบ Box และ Jenkins เมื่ออนุกรมเวลา มีคุณสมบัติเป็นสเตชันนารี มีดังนี้

1. ตัวแบบออโตรีเกรสซีฟอันดับที่ p (Autoregressive Model of Order p): AR(p) ซึ่ง p คือ อันดับของออโตรีเกรสซีฟ มีตัวแบบทั่วไปดังนี้

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

โดยที่

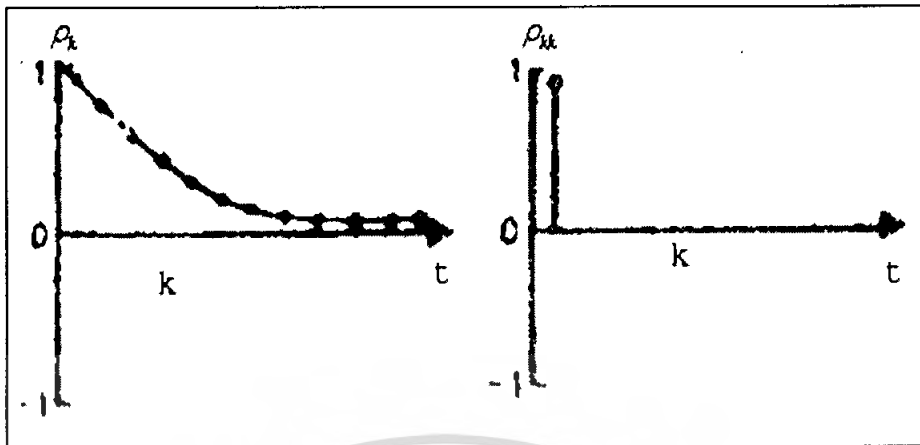
Y_t	คือ	ค่าสังเกตอนุกรมเวลา ณ เวลา t
θ_0	คือ	ค่าคงที่
$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$	คือ	ค่าพารามิเตอร์ของออโตรีเกรสซีฟ (Autoregressive Parameters)
ε_t	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t มีการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

ตัวอย่างตัวแบบออโตรีเกรสซีฟอันดับที่ p

1. ตัวแบบ AR(1)

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

มี $|\phi_1| < 1$ เป็นเงื่อนไขที่ทำให้อนุกรมเวลา มีคุณสมบัติสเตชันนารีดังรูปที่ 2.7

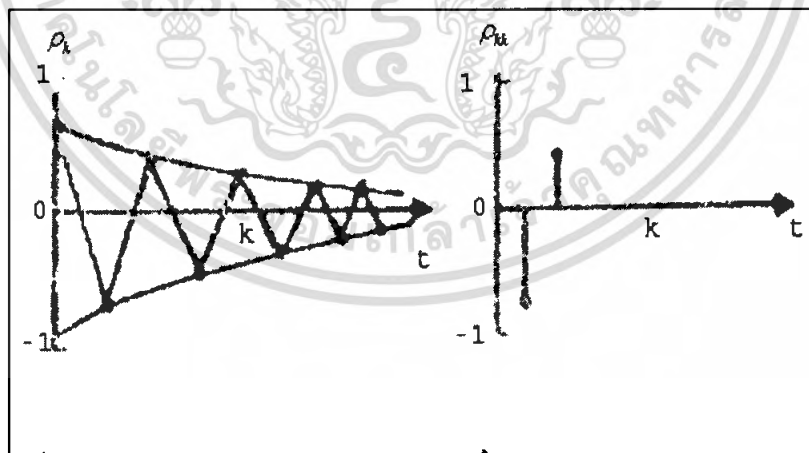


รูปที่ 2.7 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ AR(1) เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน

2. ตัวแบบ AR(2)

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$$

มี $\phi_1 + \phi_2 < 1$, $\phi_2 - \phi_1 < 1$ และ $|\phi_1| < 1$ เป็นเงื่อนไขที่ทำให้อนุกรมเวลา มีคุณสมบัติสเตชันนารี ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ AR(2) เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ q (Moving Average Model of Order q) : MA(q)
ซึ่ง q คืออันดับที่ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่มีตัวแบบทั่วไปดังนี้

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

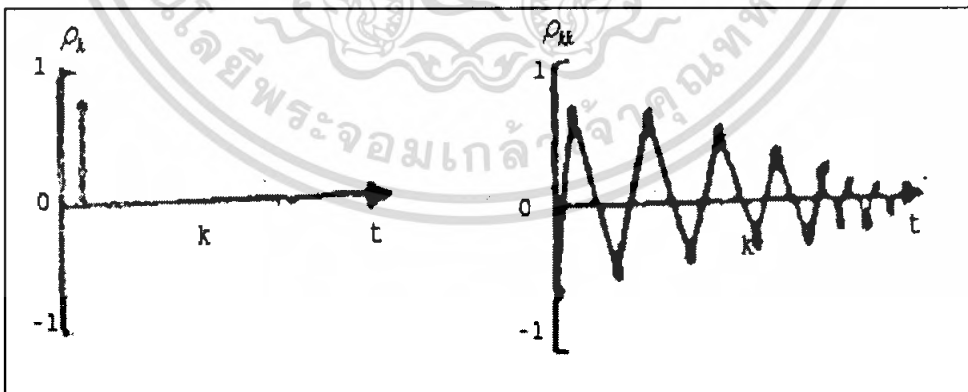
โดยที่	Y_t	คือ	ค่าสังเกตของอนุกรมเวลา ณ เวลา t
	θ_0	คือ	ค่าคงที่
	$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$	คือ	พารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Parameters)
	ε_t	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t มีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

ตัวอย่างตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับที่ q

1. ตัวแบบ MA(1)

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

มี $|\theta_1| < 1$ เป็นเงื่อนไขที่ทำให้อนุกรมเวลามีคุณสมบัติเป็นอินเวอร์ติเบิล (Invertible) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ทำให้เขียน ε_t ในเทอมของ $Y_t, Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots$ ได้ และประมาณค่าความคลาดเคลื่อนของ ε_t ได้ ดังรูปที่ 2.9



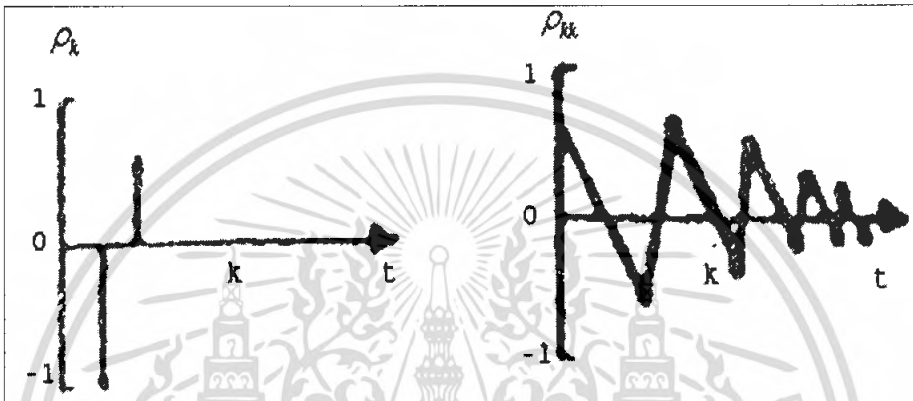
รูปที่ 2.9 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ MA(1) เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวแบบ MA(2)

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2}$$

มี $\theta_0 + \theta_1 < 1$, $\theta_2 - \theta_1 < 1$ และ $|\theta_2| < 1$ เป็นเงื่อนไขที่ทำให้อนุกรมเวลามีคุณสมบัติเป็นอินเวอร์ติเบิล (Invertible) ได้ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ MA(2) เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน

3. ตัวแบบผสมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และออโตรีเกรสซีฟอันดับที่ p และ q (Mixed Autoregressive and Moving Average Model of Order p and q) : ARMA (p, q) มีตัวแบบทั่วไปดังนี้

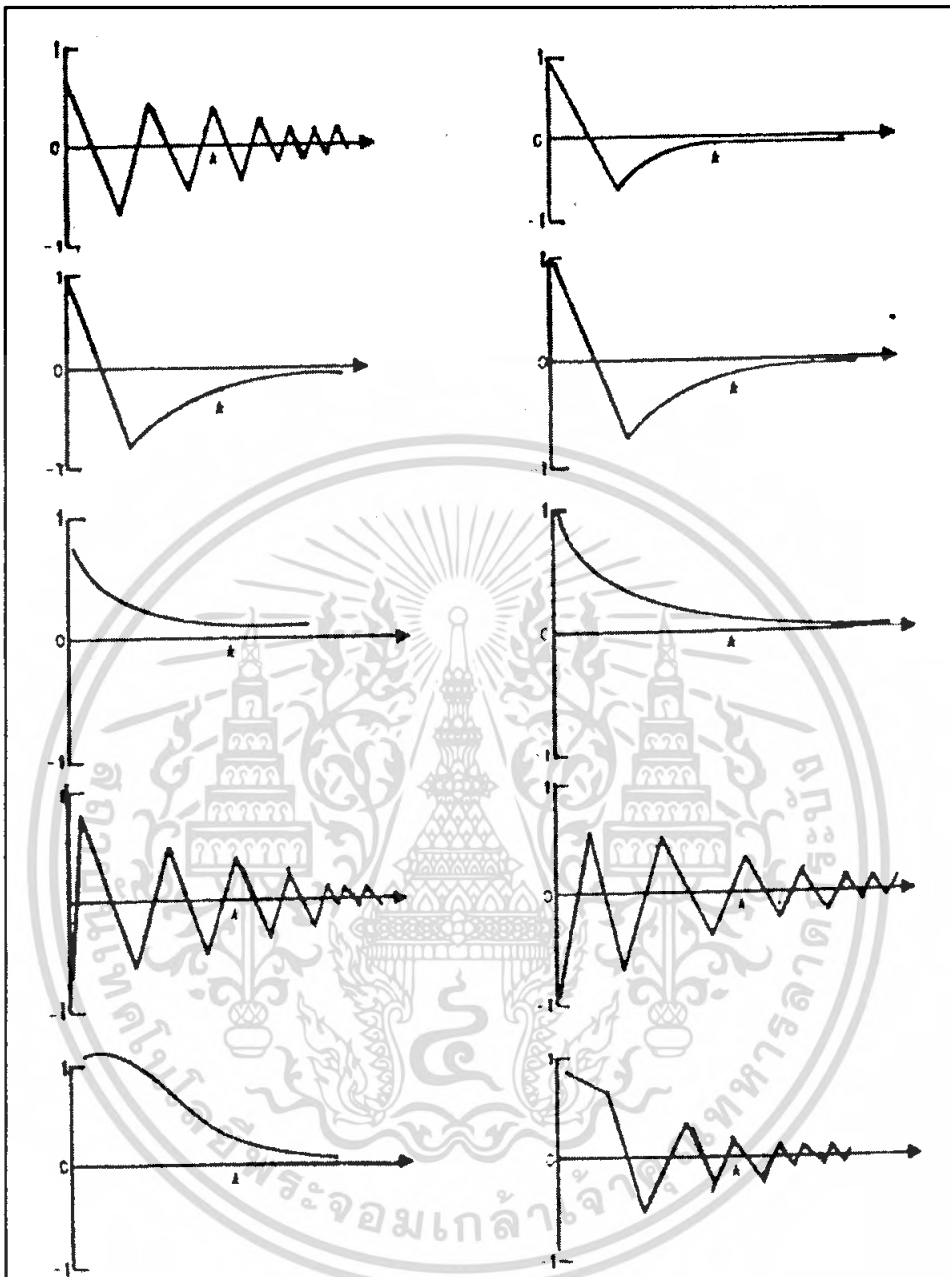
$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

ตัวอย่างตัวแบบผสมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่และออโตรีเกรสซีฟอันดับที่ p และ q

1. ARMA (p, q) ที่มี $p = 1$, $q = 1$ หรือ ARMA (1,1)

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

เมื่อ $|\phi_1| < 1$ เป็นเงื่อนไขที่ทำให้อนุกรมเวลามีคุณสมบัติเดชันนารี และ $|\theta_1| < 1$ เป็นเงื่อนไขที่ทำให้อนุกรมเวลามีคุณสมบัติเป็นอินเวอร์ติเบิล (Invertible) ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับ ARMA (1,1) เมื่อมีค่าพารามิเตอร์ต่างกัน

กรณีที่อนุกรมเวลาไม่เป็นสเตชันนารี การหาตัวแบบที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลานั้น จะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน ซึ่งทำได้หลายวิธี วิธีที่นิยมใช้กันมากได้แก่ การหาผลต่าง (Differencing) ของอนุกรมเวลาเดิม ผลต่างของอนุกรมเวลานั้นจะทำที่ครั้งขึ้นอยู่กับว่าอนุกรมเวลาผลต่างนั้นมีคุณสมบัติสเตชันนารีแล้วหรือยัง ถ้าไม่ก็ต้องทำต่อไปจนเป็นสเตชันนารีแล้วจึงนำอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติสเตชันนารี ไปหาตัวแบบที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ หาผลต่างอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จะใช้การกระทำ ∇ เพื่ออธิบายการหาผลต่างของอนุกรมเวลาเดิมดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ผลต่างครั้งที่ 1} \quad Z_t &= \nabla Y_t \\ &= Y_t - Y_{t-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ผลต่างครั้งที่ 2} \quad Z_t &= \nabla^2 Y_t \\ &= Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2} \end{aligned}$$

จะเรียกตัวแบบอนุกรมเวลาที่ต้องการหาผลต่างของอนุกรมเวลาเพื่อให้มีคุณสมบัติเสถียรนารี โดยกำหนดอันดับของการหาผลต่าง ($d > 1$) ว่าตัวแบบอินทิเกรตเคลื่อนที่และออโตรีเกรทซีฟ (Autoregressive Integrated Moving Average) : ARIMA (p, d, q) โดย d เป็นอันดับที่ผลต่างมีตัวแบบทั่วไปดังนี้

$$Z_t = \theta_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \phi_2 Z_{t-2} + \dots + \phi_p Z_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

เมื่อ

Z_t	คือ	ค่าสังเกต ณ เวลา t จากอนุกรมเวลา
θ_0	คือ	ค่าคงที่
$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$	คือ	พารามิเตอร์ออโตรีเกรทซีฟ (Autoregressive Parameters)
$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$	คือ	พารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average Parameters)
ε_t	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t มีการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 ค่าความแปรปรวนเท่ากับ σ^2

ตัวอย่างตัวแบบอินทิเกรตเคลื่อนที่และออโตรีเกรทซีฟ

1. ARIMA (0,1,1) หรือ IMA (1,1) มีตัวแบบ

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad \text{เมื่อ } |\theta_1| < 1$$

$$Y_t = \theta_0 + Y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

2. ARIMA (1,1,0) หรือ ARI (1,1) มีตัวแบบ

$$Z_t = \theta_0 - \phi_1 Z_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{เมื่อ } |\phi_1| < 1$$

$$Y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)Y_{t-1} - \phi_1 Y_{t-2} + \varepsilon_t$$

3. ARIMA (1,1,1) มีตัวแบบ

$$Z_t = \theta_0 + \phi_1 Z_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad \text{เมื่อ } |\theta_1| < 1 \text{ และ } |\phi_1| < 1$$

$$Y_t = \theta_0 + (1 + \phi_1)Y_{t-1} - \phi_1 Y_{t-2} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$$

4. ARIMA (0,1,0) มีตัวแบบ

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t$$

$$Y_t = \theta_0 + Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

ถ้าอนุกรมเวลาที่พิจารณามีทั้งแนวโน้มและความผันแปรเนื่องจากฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง จะกำหนดตัวแบบ SARIMA (P,D,Q)_L (Seasonal Integrated Autoregressive and Moving Average ที่ Order (P,D,Q) โดย P เป็นอันดับของ SAR (Seasonal Autoregressive) Q เป็นอันดับของ SMA (Seasonal Moving Average) และ D เป็นจำนวนครั้งที่หาผลต่างฤดูกาลเพื่อทำให้อนุกรมเวลา {Y_t} ที่ไม่เป็นสเตชันนารีเนื่องจากฤดูกาลเป็นอนุกรมเวลาชุดใหม่ {Z_t} ที่เป็นสเตชันนารี โดย

$$Z_t = \nabla_L^D Y_t$$

เช่น สำหรับอนุกรมเวลารายเดือน L = 12

$$\begin{aligned} D = 1, \quad Z_t &= \nabla_{12}^1 Y_t \\ &= Y_t - Y_{t-12} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D = 2, \quad Z_t &= \nabla_{12}^2 Y_t \\ &= \nabla_{12}^1 (Y_t - Y_{t-12}) \\ &= Y_t - 2Y_{t-12} + Y_{t-24} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของตัวแบบอนุกรมเวลา SARIMA (P,D,Q)_L

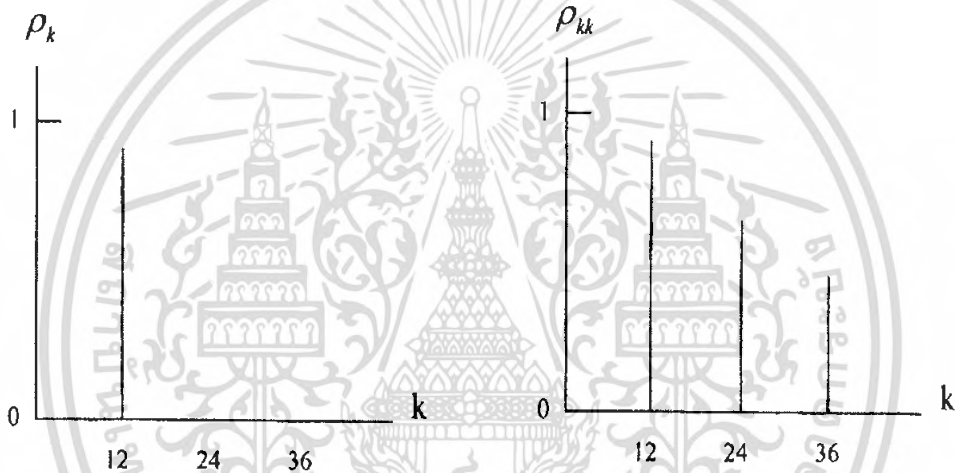
1. อนุกรมเวลารายเดือนที่มีตัวแบบเป็น SARIMA (0,1,1)₁₂ จะเขียนตัวแบบเป็น

$$Z_t = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-12} \quad \text{เมื่อ } |\theta_1| < 1$$

หรือ
$$Y_t = Y_{t-12} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-12}$$

โดยที่ Y_t คือ ค่าสังเกต ณ เวลา t และ Y_{t-12} คือค่าสังเกตที่อยู่ก่อนเวลา t 12 ช่วงเวลา

θ_1 คือ พารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ฤดูกาล (Seasonal Moving Average Parameters)



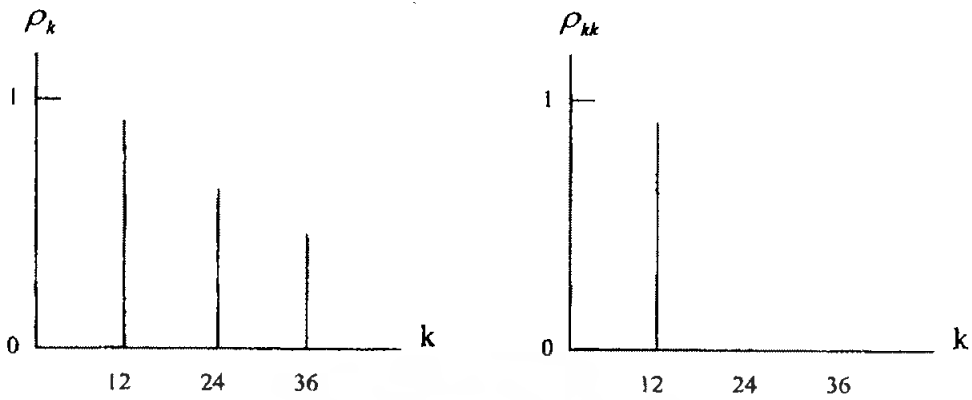
รูปที่ 2.12 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับรูปแบบ SMA (1)₁₂

2. อนุกรมเวลารายเดือนที่มีตัวแบบเป็น SARIMA (1,1,0)₁₂ จะเขียนตัวแบบเป็น

$$Z_t = \theta_0 + \phi_{12} Z_{t-12} + \varepsilon_t \quad \text{เมื่อ } |\phi_{12}| < 1$$

$$Y_t = \theta_0 + Y_{t-12} + \phi_{12} Y_{t-12} - \phi_{12} Y_{t-24} + \varepsilon_t$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

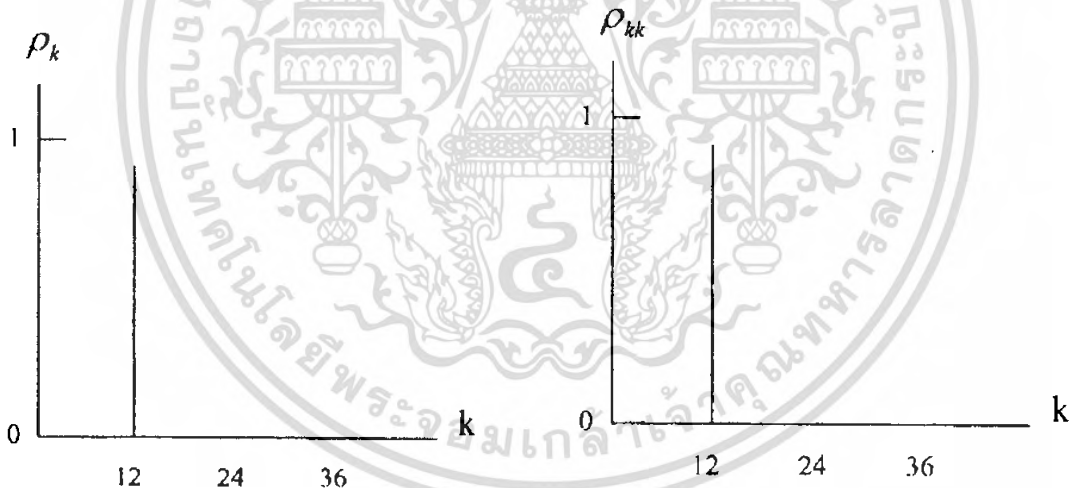


รูปที่ 2.13 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับรูปแบบ SAR(1)₁₂

3. อนุกรมเวลารายเดือนที่มีตัวแบบเป็น SARIMA (1,1,1)₁₂ จะเขียนตัวแบบเป็น

$$Z_t = \theta_0 + \phi_{12} Z_{t-12} + \varepsilon_t - \theta_{12} \varepsilon_{t-12} \quad \text{เมื่อ } |\theta_1| < 1 \text{ และ } |\phi_1| < 1$$

$$Y_t = \theta_0 + \phi_{12} Y_{t-12} + Y_{t-12} - \phi_{12} Y_{t-24} + \varepsilon_t - \theta_{12} \varepsilon_{t-12}$$



รูปที่ 2.14 ρ_k และ ρ_{kk} สำหรับรูปแบบ SARIMA (1,1,1)₁₂

ขั้นที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Parameters Estimation)

การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบจะใช้การวิเคราะห์ตัวเลข (Numerical Analysis) ซึ่งจะต้องประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Least Square Method) โดยกำหนดค่าประมาณเบื้องต้น (Initial Estimate) ของพารามิเตอร์เพื่อหาค่าประมาณสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Final Estimate) โดยการซ้ำ (Iteration) ซึ่งค่าประมาณที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน ($\sum e_t^2$) มีค่าต่ำสุดจะเป็นค่าประมาณที่ใช้ในสมการพยากรณ์

ขั้นที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (Diagnostic Checking)

เมื่อกำหนดตัวแบบและประมาณค่าพารามิเตอร์แล้ว ต้องมีการตรวจสอบว่าตัวแบบที่เลือกไว้มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาหรือไม่ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบของบ็อกซ์และจูง (Box-Ljung) เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (e_t) ว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ ด้วยการทดสอบสมมติฐาน

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่าเมื่อ } k = 1, 2, \dots, m$$

หรือ

$$H_0 : \text{สหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เท่ากับ 0}$$

$$H_1 : \text{สหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนมีอย่างน้อย 1 ค่า ไม่เท่ากับ 0}$$

โดยใช้ตัวทดสอบสถิติ

$$Q = n(n+2) \sum_{i=1}^m \frac{r_k^2(e_t)}{n-k}$$

เมื่อ

n คือ จำนวนข้อมูลที่จะใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

M คือ lag สูงสุดที่ต้องการทดสอบ

$r_k(e_t)$ คือ ค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองของค่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ช่วงเวลา

ตัวทดสอบสถิติ Q มีการแจกแจงแบบไคสแควร์ มีองศาความเป็นอิสระเท่ากับ $m-n_p$ ซึ่ง n_p คือ จำนวนพารามิเตอร์ในตัวแบบ

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ $Q = \chi^2_{\alpha, (m-n_p)}$ แสดงว่ารูปแบบ ARMA (p,q) ที่กำหนดยังไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 4 การพยากรณ์ (Forecasting)

วิธี Box และ Jenkins จะให้สมการพยากรณ์ที่จะใช้หาค่าพยากรณ์ล่วงหน้าได้หลายช่วงเวลา สมการพยากรณ์จะสร้างจากตัวแบบที่ได้ทดสอบแล้วว่าเหมาะสมกับการพยากรณ์ โดยส่วนใหญ่ค่าพยากรณ์ที่ได้จากสมการพยากรณ์ หากเป็นการพยากรณ์ระยะยาว ค่าพยากรณ์นั้นจะให้สาระจากข้อมูลจริงน้อยลง และความแม่นยำที่ได้จากการพยากรณ์ก็จะมีค่าลดลงกว่าการพยากรณ์ระยะสั้น

2.2 การโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming)

การโปรแกรมเชิงเส้น เป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ประยุกต์ที่นำไปใช้ในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้แก่กิจกรรมต่างๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมาย ที่ก่อให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากที่สุด วิธีการ โปรแกรมเชิงเส้นในปัจจุบันได้นำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาทางการจัดสรรปัจจัยหรือทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดอย่างแพร่หลาย (นิกร วัฒนพนม, 2548)

การโปรแกรมเชิงเส้น เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหาทางการจัดสรรปัจจัยที่มีลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกันเป็นเชิงเส้นทั้งสิ้น (All Linear Function) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาและตัดสินใจให้เกิดผลที่ตามแนวทางการดำเนินงานที่ดีที่สุด (Optimal) เช่น กำไรสูงสุด ค่าใช้จ่ายน้อยสุด เป็นต้น (สมศรี บัณฑิตวิไล, 2549)

การโปรแกรมเชิงเส้น หมายถึง ตัวแบบ (Model) ทางคณิตศาสตร์เพื่อแทนความสัมพันธ์ของกิจกรรมต่างๆ โดยใช้ตัวแปรทางคณิตศาสตร์แทนระดับกิจกรรมในการตัดสินใจ และพัฒนาเป็นตัวแบบคณิตศาสตร์ให้มีความสัมพันธ์ในรูปฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ ซึ่งฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์นี้มีคุณสมบัติเป็นฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear Function) ถ้าอยู่ในรูปเรขาคณิต 2 มิติ จะเป็นเส้นตรง ถ้าเป็นรูปเรขาคณิต 3 มิติ จะเป็นรูประนาบ (วิจิตร ตัญทสุทธิ์, 2548)

2.2.1 ประวัติความเป็นมา

ปัญหาการ โปรแกรมเชิงเส้นมีขึ้นครั้งแรกในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ฝ่ายบริหารทางทหารของอังกฤษ ได้ให้ทีมนักวิทยาศาสตร์ศึกษาค้นคว้าวิจัยถึงยุทธศาสตร์และยุทธวิธีในการป้องกันประเทศทั้งทางอากาศและทางบก โดยมีเป้าหมายว่าภายใต้สถานการณ์ที่มีกำลังทหารและอาวุธยุทธ โปปกรณ์จำกัด ทำอย่างไรจึงจะป้องกันประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยความสำเร็จของทีมนักวิทยาศาสตร์นี้ได้กระตุ้นให้ฝ่ายบริหารทางทหารของสหรัฐอเมริกา สนใจและนำวิธีการนี้ไปใช้ในทางทหาร และยังนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาที่มีความซับซ้อนอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปี ค.ศ. 1947 นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันที่เป็นผู้คิดค้นสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้น คือ George B. Dantzig (จอร์จ บี แคนซิก) และ Marshall Wood (มาร์แชล วูด) พร้อมทีมผู้ร่วมงาน ในกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา ได้รับมอบหมายให้วิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการประยุกต์คณิตศาสตร์และเทคนิคที่เกี่ยวข้องต่อปัญหาการวางแผนและการวางโปรแกรมทางทหาร โดย Dantzig ได้เสนอวิธี “ ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรขนาดใหญ่ เป็นตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น ทำให้บรรลุเป้าหมายสูงสุด โดยทำให้ฟังก์ชันเชิงเส้นเป้าหมายมีค่าต่ำสุด ”

George B. Dantzig ยังได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นอย่างเป็นระบบ คือ วิธีการซิมเพล็กซ์ (Simplex Method of Linear Programming) ซึ่งเป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางและได้นำไปใช้ ทั้งทางสถาบันการศึกษา และทางอุตสาหกรรม

ในปี ค.ศ.1948 กองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา ได้ตั้งคณะวิจัยภายใต้ชื่อโครงการสคูป (Scoop : Scientific Computation of Optimum Program) เป็นโครงการที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาและประยุกต์ตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นอย่างเป็นทางการ ในช่วงแรก ประยุกต์ใช้ในวงการทหาร เศรษฐศาสตร์ในตัว อินพุท-เอาพุท และทฤษฎีเกมส์ หลังจากนั้นก็แพร่หลาย ในปัญหาทางด้านสังคม ปัญหาที่อยู่อาศัย และปัญหาทางด้านอุตสาหกรรม

การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นสำเร็จครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1952 ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาการแก้ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นโดยวิธีการซิมเพล็กซ์ได้ถูกพัฒนาเป็นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ และ โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้

2.2.2 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น ได้แก่

1. ปัญหาการผลิต เป็นการพิจารณาหาปริมาณสินค้าในแต่ละประเภทที่ควรจะมีผลิตเพื่อที่จะใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ไม่ว่าจะเป็น เครื่องจักร วัตถุดิบ แรงงานให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลกำไรมากที่สุด หรือมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด
2. ปัญหาด้านการขนส่ง เป็นการพิจารณาหาปริมาณสินค้าที่จะทำการขนส่งสินค้าจากแหล่งผลิตไปยังจุดหมายปลายทางเพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุดหรือไปส่งสินค้าได้เร็วที่สุด
3. ปัญหาการจัดงาน เป็นการพิจารณาขอบข่ายงาน ที่จะต้องทำให้กับเครื่องจักร บุคคล เพื่อให้งานเสร็จในเวลาเร็วที่สุด หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด
4. ปัญหาผสมสาร เป็นการพิจารณาปริมาณสารหรือวัตถุดิบชนิดต่างๆที่จะนำมาผสมในสินค้าประเภทต่างๆ ตามคุณสมบัติที่กำหนดไว้เพื่อให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปัญหาการตัดกระดาษ เป็นการพิจารณารูปแบบหรือวิธีการตัดกระดาษหรือผ้า แผ่นเหล็ก เพื่อจะหารูปแบบการตัดกระดาษมาตรฐานที่มีอยู่เป็น ขนาด ปริมาณต่างๆ ตามที่ต้องการ เพื่อที่จะให้มีเศษ(ส่วนที่ใช้ประโยชน์ต่อไม่ได้) ให้มีน้อยที่สุด

2.2.3 รูปแบบแทนระบบของการโปรแกรมเชิงเส้นตรง

รูปแบบแทนระบบทางคณิตศาสตร์ของการโปรแกรมเชิงเส้นตรง

1. สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) คือ สมการแสดงความสัมพันธ์ของกำไร หรือ ต้นทุนกับตัวแปรตัดสินใจ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายกำไรสูงสุดหรือค่าใช้จ่ายต่ำสุด (Maximize หรือ Minimize)

2. ข้อจำกัด (Constraints) แสดงความจำกัดของปัจจัยหรือทรัพยากรต่างๆ ในรูปสมการหรืออสมการ

3. ความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการและ อสมการต่างๆ ของระบบจะต้องเป็นเชิงเส้น

4. ตัวแปรทุกตัวจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

จากรูปแบบการโปรแกรมเชิงเส้น พบว่าค่าที่ใช้วัดผลการดำเนินงานจะได้จากสมการวัตถุประสงค์ ตัวแปรต่างๆ จะเป็นปริมาณของกิจกรรมที่จะต้องตัดสินใจทำซึ่งจะต้องสอดคล้องกับข้อจำกัดต่างๆ

รูปแบบปัญหาการ โปรแกรมเชิงเส้นแบบมาตรฐาน มีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะคือ ลักษณะที่ต้องการหาค่าสูงสุด (Maximization) และ ต้องการหาค่าต่ำที่สุด (Minimization) เป็นดังนี้

กรณีต้องการหาค่าไรสูงสุด

ต้องการให้ได้กำไรมากที่สุดจึงกำหนดให้

สมการวัตถุประสงค์ :

$$\text{Max } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

ข้อจำกัด :

$$\text{st. } a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

...

...

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

$$X_j \geq 0 ; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

X_j คือ ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variable) หรือ จำนวนหน่วยของกิจกรรมที่ j ที่ตัดสินใจจะทำ เช่น อาจหมายถึงจำนวนหน่วย ของสินค้าที่ j ที่เราจะทำการผลิต
; $j = 1, 2, \dots, n$

a_{ij} คือ จำนวนทรัพยากรชนิดที่ i ที่จะใช้ในการทำกิจกรรมที่ j หนึ่งหน่วย (Resource Consumption Rate) ; $i = 1, 2, \dots, n$ และ $j = 1, 2, \dots, m$

b_i คือ ปริมาณทรัพยากร (Resource) ชนิดที่ i ที่มีอยู่เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ
; $i = 1, 2, \dots, n$

C_i คือ เป็นผลตอบแทนที่ได้จากการตัดสินใจทำกิจกรรมที่ i หนึ่งหน่วย

กรณีการหาค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ต้องการลดค่าใช้จ่ายให้น้อยที่สุดจึงกำหนดให้

สมการวัตถุประสงค์ :

$$\text{Min } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + \dots + C_nX_n$$

ข้อจำกัด :

$$\text{st. } a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n \geq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n \geq b_2$$

.....

.....

.....

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + \dots + a_{mn}X_n \geq b_m$$

$$X_j \geq 0 ; j = 1, 2, 3, \dots, n$$

โดยที่

X_j คือ ตัวแปรการตัดสินใจ (Decision Variable) หรือจำนวนหน่วยของกิจกรรมที่ j ที่ตัดสินใจจะทำ เช่นอาจหมายถึงจำนวนหน่วย ของสินค้าที่ j ที่เราจะทำการผลิต
; $j = 1, 2, \dots, n$

a_{ij} คือ จำนวนทรัพยากรชนิดที่ i ที่จะใช้ในการทำกิจกรรมที่ j หนึ่งหน่วย (Resource Consumption Rate) ; $i = 1, 2, \dots, n$ และ $j = 1, 2, \dots, m$

b_i คือ ปริมาณทรัพยากร (Resource) ชนิดที่ i ที่มีอยู่เพื่อใช้ในการทำกิจกรรมต่าง ๆ
; $i = 1, 2, \dots, n$

C_i คือ เป็นผลตอบแทนที่ได้จากการตัดสินใจทำกิจกรรมที่ i หนึ่งหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 สมมติฐานที่สำคัญของการโปรแกรมเชิงเส้น

การโปรแกรมเชิงเส้น เป็นเทคนิคในการแก้ปัญหาการจัดสรรปัจจัยหรือทรัพยากรต่างๆ ภายใต้สมมติฐานที่กำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปร ดังนี้

1. สัดส่วน (Proportionality) จำนวนทรัพยากรที่ใช้ไปในการผลิตจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสินค้าที่ผลิตได้ จำนวนขายเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำไรจะไม่มีค่าใช้จ่ายเริ่มต้น

2. ส่วนเพิ่ม (Additivity) เนื่องจากข้อสมมติฐานข้อที่ 1 ยังไม่เพียงพอจะทำให้สมการวัตถุประสงค์และข้อจำกัดมีความสัมพันธ์กันเป็นเชิงเส้น จึงต้องเพิ่มข้อนี้ซึ่งกล่าวว่า ผลกำไรค่าใช้จ่ายของสินค้าแต่ละชนิดจะบวกกันโดยตรงได้โดยตรงรวมทั้งปริมาณของทรัพยากรที่ใช้ไปทั้งหมดจะเท่ากับผลบวกของปริมาณทรัพยากรที่ถูกใช้ไปในการผลิตของสินค้าแต่ละชนิด

3. เศษส่วน (Divisibility) บางครั้งตัวแปรตัดสินใจอาจมีค่าไม่เป็นจำนวนเต็มก็ได้

4. ค่าของพารามิเตอร์เป็นค่าคงที่ (Deterministic) ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในการโปรแกรมเชิงเส้นจะต้องกำหนดค่าได้ และสามารถประมาณค่าได้

2.2.5 การหาผลลัพธ์ของรูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นโดยวิธีซิมเพล็กซ์ (Simplex Method)

วิธีซิมเพล็กซ์เป็นวิธีทางพีชคณิตที่อาศัยทฤษฎีเมตริกซ์เข้าร่วมจัดรูปแบบปัญหาให้มีระบบยิ่งขึ้นช่วยสังเกตความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรได้ง่ายและสามารถเข้าใจแนวทางที่ตัวแปรแต่ละตัวจะเปลี่ยนไปอย่างมีเหตุผล วิธีนี้เริ่มด้วยการเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ให้มีผลต่อสมการเป้าหมายโดยมีแนวโน้มสู่เป้าหมายในทางที่เร็วที่สุด การจัดรูปสมการเข้าเป็นตารางแล้วดำเนินการตามขั้นตอนที่ถูกต้องจะต้องทำให้ได้ผลลัพธ์ตามเป้าหมาย ผลลัพธ์ใดๆที่เกิดจากค่าตัวแปรที่ใช้ในสมการหรือในอสมการขอบข่ายย่อมถือเป็นผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงเป้าหมายที่สุดถือว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด และผลลัพธ์ที่ดีที่สุดซึ่งเกิดผลตามเป้าหมายเดียวกันอาจมีได้หลายผลลัพธ์

ก่อนที่กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีซิมเพล็กซ์ ควรศึกษาส่วนที่กล่าวพันกับปัญหาในลักษณะดังต่อไปนี้

1. ปัญหาที่จะให้สมการเป้าหมายสูงสุด (Maximization) มีความสัมพันธ์กับปัญหาที่จะให้สมการเป้าหมายต่ำสุด (Minimization) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Max. } Z &= \sum_j C_j X_j \\ \text{มีผลเท่ากับ } \text{Min. } W &= -\text{Max. } Z = -\sum_j C_j X_j \end{aligned}$$

2. การคูณเครื่องหมายลบเข้าไปในอสมการ จะมีผลทำให้เครื่องหมายอสมการเปลี่ยนจากค่ามากกว่าเป็นน้อยกว่า หรือในทางตรงกันข้าม เช่น

$$a_1X_1 + a_2X_2 \geq b$$

มีผลเท่ากับ $-a_1X_1 + a_2X_2 \leq -b$

3. สมการใดๆ อาจแทนได้ด้วยอสมการในทิศทางตรงข้ามพร้อมกัน เช่น

$$a_1X_1 + a_2X_2 = b$$

มีผลเท่ากับ $a_1X_1 + a_2X_2 \leq b$ และ $a_1X_1 + a_2X_2 \geq b$

หรือ $a_1X_1 + a_2X_2 \leq b$ และ $-a_1X_1 - a_2X_2 \leq -b$

4. ถ้าทางซ้ายมือของอสมการเป็นค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) จะสามารถเปลี่ยนเป็นอสมการสองอันเช่น

$$|a_1X_1 + a_2X_2| \leq b$$

มีผลเท่ากับ $a_1X_1 + a_2X_2 \geq -b$ และ $a_1X_1 + a_2X_2 \leq b$

ในการดำเนินตามขั้นตอน จะต้องเปลี่ยนระบบอสมการของขอบข่ายให้เป็นสมการของขอบข่าย โดยการเพิ่มตัวแปรสมมติขึ้น ซึ่งจะเป็นรูปแบบสมการขยาย (Augmented Form) ทำได้ดังนี้

$$\text{Max. } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1 \quad (1)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \geq b_2 \quad (2)$$

...

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n = b_m \quad (M)$$

รูปแบบสมการขยายจะเป็น

$$\text{Max. } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + X_{n+1} = b_1 \quad (1)$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n - X_{n+2} + X_{n+3} = b_2 \quad (2)$$

...

...

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n + X_{n+k} = b_m \quad (M)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรที่เพิ่มขึ้นมาในรูปแบบสมการขยายมีได้ดังนี้

1. ในกรณีที่ข้อสมการขอบข่ายเป็นอยู่ในรูปน้อยกว่าหรือเท่ากับ (\leq) ให้เพิ่มค่าตัวแปร ซึ่งคิดเป็นค่าของส่วนของทรัพยากรที่เหลือลงไปทางซ้ายมือของสมการแล้วเปลี่ยนเครื่องหมายสมการให้เป็นสมการของขอบข่ายนั้นๆ เช่น ค่า X_{n+1} จากสมการ (1) ตัวแปรที่เพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า Slack Variable
2. ในกรณีที่ข้อสมการขอบข่ายเป็นอยู่ในรูปมากกว่าหรือเท่ากับ (\geq) ให้ลดค่าตัวแปร ซึ่งคิดเป็นค่าของทรัพยากรส่วนเกินของทางซ้ายมือของสมการ แล้วเปลี่ยนสมการเป็นนั้นๆ สมการของขอบข่ายนั้น เช่น ค่า $-X_{n+2}$ จากสมการ(2) เป็นส่วนแสดงว่าค่าทางซ้ายมือมากกว่าค่าทางขวามืออยู่ X_{n+2} ซึ่ง X_{n+2} เป็น Slack Variable ที่มีเครื่องหมายลบว่า Surplus Variable จากหลักการทางเมตริกซ์นั้น ตัวแปรที่ให้ผลลัพธ์แต่ละครั้งเมื่อคำนวณหา จะมีสัมประสิทธิ์เท่ากับบวกหนึ่ง (+1) ซึ่งเกิดเป็นเมตริกซ์ของสัมประสิทธิ์ตัวแปรที่เป็น Basic Variable มีลักษณะเป็น Identity Matrix และตามข้อกำหนดของวิธีซิมเพล็กซ์ได้กำหนดว่าผลลัพธ์เบื้องต้นที่เป็นไปได้ (Initial Feasible Solution) จะมีค่าตัวแปรที่เป็น Basic Variable มากกว่าหรือเท่ากับศูนย์เท่านั้น สำหรับวิธีซิมเพล็กซ์จึงได้กำหนดให้ Slack Variable เท่านั้นที่เป็น Basic Variable ในผลลัพธ์อันดับแรกของปัญหา แต่เนื่องจากสัมประสิทธิ์ของ Surplus Variable เป็นลบหนึ่ง(-1) ด้วยเหตุนี้จึงต้องเพิ่มตัวแปรอีกตัวหนึ่งขึ้น คือ X_{n+3} เพื่อให้หาผลลัพธ์เบื้องต้นของปัญหาได้ แต่ค่า X_{n+3} นั้นตั้งขึ้นมาเพียงเพื่อช่วยให้หาผลลัพธ์เบื้องต้นได้เท่านั้น ในการหาผลลัพธ์ขั้นต่อไปจึงจำเป็นต้องกำจัดตัวแปร X_{n+3} นี้ออกไปโดยการปรับค่า X_{n+3} จนกว่าจะมีค่าเป็นศูนย์ไปในที่สุด ถ้าจำกัดไม่ได้หมดก็แสดงว่าปัญหานี้หาผลลัพธ์คำตอบไม่ได้ ค่า X_{n+3} นี้เรียกว่า Artificial Variable
3. ในกรณีที่ข้อสมการขอบข่ายอยู่แล้ว(=)เพียงแต่เพิ่มค่าตัวแปรช่วย เช่น X_{m+k} ในสมการ (M) เป็น Artificial Variable ดังกล่าวมาแล้วในกรณีที่ 2 โดยสรุปจะเขียนตัวแปรเพิ่มขึ้นมาดังนี้

\leq	+S
\geq	-S+R
=	+R

S = slack variable

R = artificial variable

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยวิธีซิมเพล็กซ์

ขั้นตอนที่ 1 จากรูปแบบโปรแกรมเชิงเส้นตรง

$$\begin{aligned} \text{Max. } Z &= C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 \\ \text{St. } \quad a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 &\leq b_1 \\ \quad a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 &\leq b_2 \\ \quad a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 &\leq b_3 \end{aligned}$$

จัดรูปแบบสมการขยายเข้าสู่ตาราง ดังต่อไปนี้

สมการขยายจะเป็น

$$\begin{aligned} Z - C_1X_1 - C_2X_2 - C_3X_3 &= 0 \\ a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + X_4 &= b_1 \\ a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + X_5 &= b_2 \\ a_{31}X_1 + a_{32}X_2 + a_{33}X_3 + X_6 &= b_3 \end{aligned}$$

ตาราง เพื่อหาผลลัพธ์เบื้องต้น (Initial Basic Feasible Solution) จะเป็นดังนี้

ตัวแปรของ ค่าเป้าหมาย ตัวแปรเปลี่ยน ตัวแปรเพิ่ม ผลลัพธ์
ผลลัพธ์

	Z	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	b	
Z	1	$-C_1$	$-C_2$	$-C_3$	0	0	0	0	สมการ
X_4	0	a_{11}	a_{12}	a_{13}	1	0	0	b_1	เป้าหมาย
X_5	0	a_{21}	a_{22}	a_{23}	0	1	0	b_2	สมการ
X_6	0	a_{31}	a_{32}	a_{33}	0	0	1	b_3	ขอบข่าย

ภายในตารางจะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร โดยมีหลักเกณฑ์ของ Simplex Method กำหนดไว้ว่าตัวแปรเพิ่มนั้นต้องเป็น Identity Matrix สำหรับผลลัพธ์เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 พิจารณาจากค่าต่างๆ บนตารางในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งถือว่าเป็นผลลัพธ์เบื้องต้นให้ผลดังนี้

1. เริ่มค่าตัวแปรเปลี่ยน (Decision Variable) หรือ Nonbasic Variable เป็นศูนย์หมด คือ $X_1, X_2, X_3 = 0$ อันนี้เป็นจุดเริ่มต้นที่มั่นใจได้ว่าตัวแปรทุกตัวต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์
2. ค่าของสมการเป้าหมายซึ่งได้จาก $Z - C_1X_1 - C_2X_2 - C_3X_3 = 0$ จะมีค่า $Z = 0$ ด้วย
3. ค่าตัวแปรเพิ่มต่างๆ อ่านจากผลลัพธ์ค่าตัวแปรของผลลัพธ์ (Basic Variable) ได้ดังนี้

$$X_4 = b_1$$

$$X_5 = b_2$$

$$X_6 = b_3$$

ขั้นตอนที่ 3 พิจารณาทดสอบผลลัพธ์ว่าดีที่สุดในหรือยัง การทดสอบในขั้นนี้เรียกว่า การทดสอบหลักเกณฑ์ที่ดีที่สุด (Optimality Criterion) จะเห็นได้ว่าในบางครั้งแม้แต่ผลลัพธ์เบื้องต้น ก็อาจเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดอยู่แล้ว

ขั้นตอนที่ 4

- 1) พิจารณาหาตัวแปรที่จะเพิ่มค่าซึ่งมีผลทำให้ค่าของสมการเป้าหมายเพิ่มขึ้น การเพิ่มค่าตัวแปรพิจารณาจากค่าตัวแปรที่ให้ค่าของสมการเป้าหมายเพิ่มได้มากที่สุด สังเกตได้จากสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเปลี่ยนมีค่าลบสูงสุด ซึ่งเมื่อย้ายข้างมาทางด้านขวาของสมการเป้าหมายในตารางจะเป็นสัมประสิทธิ์บวกสูงสุดถือเป็นตัวที่จะเพิ่มค่า จากตารางถ้า C_2 มีค่าลบสูงสุด X_2 จะเป็นตัวที่เราเพิ่มค่าให้ก่อน
- 2) พิจารณาตัวแปรเพื่อลดค่าจากตัวแปรเพิ่ม (Slack or Artificial Variable) ซึ่งมีค่า $X_4 = b_1, X_5 = b_2, X_6 = b_3$
- 3) การพิจารณาหาตัวลดค่าเพื่อเพิ่มค่า X_2 นั้น จะต้องลดค่าตัวแปรเพิ่มให้มากที่สุด ภายในเงื่อนไขขอบข่ายที่ว่า ค่าตัวแปรเพิ่มที่ลดนั้นต้องไม่เป็นค่าลบ จากสมการขอบข่ายในตารางจะเห็นได้ว่าจะลดค่า X_4, X_5, X_6 ได้ทั้งนั้น ส่วนจะลดตัวไหนนั้น ต้องเลือกใช้ส่วนที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขขอบข่ายทั้งสามอันได้หมด โดยการพิจารณาจากผลหารที่เกิดจากผลลัพธ์ค่าตัวแปรในตารางและค่าแถวตั้งของค่าตัวแปรเปลี่ยนที่จะเพิ่มค่า X_2 จะได้ผลหารตามแนวนอนตัวต่อตัวดังนี้ $b_1 / a_{12}, b_2 / a_{22}, b_3 / a_{32}$ เลือกค่าผลหารน้อยที่สุดแสดงเป็นตัวลดค่าของตัวแปรเพิ่มตามแนวนอน คือ X_4, X_5 หรือ X_6 เช่น ถ้า b_2 / a_{22} น้อยที่สุด ตัวแปรที่จะลดค่า คือ X_5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรเข้า

↓

	z	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	b
z	1	$-C_1$	$-C_2$	$-C_3$	0	0	0	0
X_4	0	a_{11}	a_{12}	a_{13}	1	0	0	b_1
X_5	0	a_{21}	a_{22}	a_{23}	0	1	0	b_2
X_6	0	a_{31}	a_{32}	a_{33}	0	0	1	b_3

ตัวแปรออก ←

เรียกตัวที่เพิ่มค่าของตัวแปรในตารางว่า ตัวแปรเข้า (X_2) และตัวแปรที่ลดค่าว่า ตัวแปรออก (X_5) พิจารณาจากแถวบนของตัวแปรออกจะได้สมการ

$$a_{22}X_2 + X_5 = b_2 \quad \text{โดย } X_1, X_3 = 0$$

เมื่อลดค่า $X_5 = 0$ จะได้ $X_2 = b_2 / a_{22}$

แทนค่า X_2 เป็นตัวแปรเข้ามีค่า b_2 / a_{22} ในตารางโดยวิธีการแถวบนของตัวแปรลดค่าหรือตัวแปรออกด้วย a_{22} สัมประสิทธิ์ในช่องเกิดจากการตัดกันของแถวขึ้นของตัวแปรเข้าและแถวบนของตัวแปรออกจะมีค่าเป็น 1 และเรียกจุดนี้ว่า จุดหมุน (Pivot Point)

ขั้นตอนที่ 5 จากจุดหมุน จะใช้วิธีการพีชคณิตทำสัมประสิทธิ์อื่นๆ ในแถวขึ้นให้เป็นศูนย์ ผลที่ได้จะทำให้ค่า z มีผลลัพธ์สูงขึ้นดังนี้

	z	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	b
z	1	$-C'_1$	0	$-C'_3$	0	$-C'_5$	0	$C_2b'_2$
X_4	0	a'_{11}	0	a'_{13}	1	a_{15}	0	b'_1
X_2	0	a'_{21}	1	a'_{23}	0	a_{25}	0	b'_2
X_6	0	a'_{31}	0	a'_{33}	0	a_{35}	1	b'_3

เมื่อได้ตารางแสดงผลดำเนินการตามขั้นตอนที่ 5 ให้กลับไปเริ่มขั้นตอนที่ 3 ต่อไปจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นนั้นมีข้อสมมติ (Assumption) ว่าผู้วิเคราะห์จะทราบรายละเอียดต่าง ๆ ของข้อมูลที่นำมาศึกษาที่อยู่แล้ว แต่ในทางปฏิบัติค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องนั้นมักได้มาจากการประมาณค่าที่ดีที่สุดหรืออาจเป็นค่าจริงแต่มีการเปลี่ยนแปลงในค่าตัวเลขอยู่ตลอดเวลา จึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาต่อไปว่าคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการวิเคราะห์ในขั้นตอนแรกยังคงเป็นค่าที่เหมาะสมหรือไม่ ค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่นค่าของ c_j (กำไรต่อหน่วย หรือต้นทุนต่อหน่วย) หรือ การเปลี่ยนแปลงทรัพยากร (b_i) สามารถแปรเปลี่ยนไปได้มากน้อยแค่ไหน จึงจะทำให้การตัดสินใจครั้งนี้เป็นการตัดสินใจที่ดีที่สุด และค่าของฟังก์ชันเป้าหมายระยะกว้างของค่าเหล่านี้จะทำให้ทราบถึงผลของความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าจริง ซึ่งกระบวนการที่ใช้นี้เรียกว่า การวิเคราะห์ความไว

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ในตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) นั้นอาจเกิดขึ้นได้ในกรณีใดกรณีหนึ่งหรืออาจเกิดขึ้นได้หลายกรณี ดังต่อไปนี้

1. ข้อจำกัดเปลี่ยนแปลงไป นั่นคือ มีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัด b_i เช่น จำนวนชั่วโมงแรงงาน หรือเครื่องจักรที่สามารถใช้ในการผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนโยบาย เป็นต้น
2. การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ในกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ยังอาจแบ่งได้เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่อยู่ในคำตอบกับสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่อยู่นอกคำตอบ
3. การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตัดสินใจของฟังก์ชันข้อจำกัด ซึ่งก็ทำนองเดียวกันกับ ข้อ 2 คือ อาจแบ่งได้เป็นสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่อยู่ในคำตอบกับสัมประสิทธิ์ของตัวแปรที่อยู่นอกคำตอบ
4. มีตัวแปรใหม่เพิ่มขึ้น
5. มีสมการข้อจำกัดเพิ่มมากขึ้น

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการตรวจสอบหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยการวิเคราะห์ความไว มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้

1. ค้นควหาส่วนเปลี่ยนแปลงของตัวแปรนั้น และนำค่าที่เปลี่ยนแปลงไปบวก เข้ากับค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรนั้นในตาราง Simplex ตารางสุดท้าย ซึ่งตารางที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด

2. ปรับตารางที่ได้จากข้อ 1 ให้อยู่ในรูปแบบตารางที่จะหาคำตอบโดยทำจากตารางที่ได้จากข้อที่ 1 ให้เป็นคำตอบพื้นฐานที่เป็นไปได้ก่อนดำเนินการต่อไป

3. ทำการหาคำตอบโดยวิธี Simplex จากตารางข้อที่ 2 จนกระทั่งถึงตารางสุดท้ายที่แสดงว่าเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแล้ว

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การโปรแกรมเชิงเส้นสามารถนำมาใช้ในการวางแผนการผลิต การจัดสรรทรัพยากรในการผลิตอย่างแพร่หลาย

ปรียาภรณ์ ธรรมชูเชาวรัตน์ และคณะ (2549) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับการวางแผนการผลิตไม้ดอกชวนชมในแต่ละขนาดและสายพันธุ์ต่างๆ โดยในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการพยากรณ์แบบ Winter's Method มาคำนวณหาค่าพยากรณ์ยอดขาย โดยมีวัตถุประสงค์ของการโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อให้ได้กำไรสูงสุดในแต่ละไตรมาส และเป็นไปตามข้อกำหนดของข้อจำกัดต่างๆ ได้แก่ ความต้องการปริมาณวัตถุดิบต่ำสุด ข้อจำกัดด้านแรงงาน จากนั้นนำข้อมูลมาประมวลผลด้วยโปรแกรม Solver Microsoft Excel 2003 ซึ่งสามารถที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยทำการประมวลผล 4 ไตรมาส ในปี 2549 ทำให้ทราบถึงปริมาณความต้องการต้นไม้ดอกชวนชม แต่ละขนาดแต่ละสายพันธุ์ ที่ควรทำการผลิต และสั่งซื้อจากสวนอื่น โดยต้นไม้ที่ควรสั่งซื้อมากที่สุด ในไตรมาสแรก คือต้นไม้ขนาด 8 นิ้ว สายพันธุ์ธรรมดา จำนวน 2000 ต้น และขนาด 11 นิ้ว สายพันธุ์ยักษ์ 240 ต้น และในไตรมาสที่ 4 ต้นไม้ขนาด 8 นิ้ว สายพันธุ์ธรรมดา จำนวน 2000 ต้น และ ขนาด 11 นิ้ว สายพันธุ์ยักษ์ 210 ต้น ซึ่งถ้าสามารถขายต้นไม้ดอกชวนชมได้ทั้งหมดตามยอดจะทำให้ได้กำไรสูงสุดตามที่ได้คาดการณ์ไว้ว่าจะได้รับจากการผลิตไม้ดอกชวนชม จากนั้นยังมีการทำโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อให้เจ้าของร้านสะดวกในการใช้งานเพื่อสามารถที่จะปรับปรุงข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับการผลิตได้ด้วยตัวเองพร้อมทั้งจัดทำคู่มือการใช้งานโปรแกรมอีกด้วย

ปิยรัตน์ ศิริสุภานนท์ และคณะ (2549) ได้หาวิธีการพยากรณ์และตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าประเภท กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่และกิจการเฉพาะอย่าง ในส่วนภูมิภาคในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยใช้ข้อมูลรายเดือนตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2541 ถึงเดือน ธันวาคม 2549 ซึ่งเทคนิคในการใช้พยากรณ์ ได้แก่ วิธีปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ วิธีแยกส่วนประกอบ และวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบอซ์และเจนกินส์ จากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 เทคนิค โดยใช้ค่าผลเฉลี่ยกำลัง 2 ของความคลาดเคลื่อน (MSE) โดย วิธีการปรับให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอ็กซ์โปแนนเชียล แบบโฮลท์และวินเทอร์ รูปแบบบวก เป็นวิธีการเอ็กซ์โปแนนเชียลแบบโฮลท์และวินเทอร์ที่เหมาะสมกับอนุกรมของเวลาปริมาณความต้องการของการใช้ไฟฟ้าประเภท กิจการขนาดเล็กเขตภาคใต้ กิจการขนาดกลาง เขตภาคกลางกิจการขนาดใหญ่ เขตภาคเหนือ และเขตภาคกลาง กิจการเฉพาะอย่างเขตภาคใต้ การพยากรณ์โดยวิธีแยกส่วนประกอบรูปแบบคูณ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาของปริมาณความต้องการไฟฟ้าประเภท กิจการขนาดกลาง เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้กิจการเฉพาะอย่างเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและเขตภาคกลาง การพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบบ็อกซ์และเจนกินส์เป็นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาของปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดเล็ก เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและเขตภาคกลางกิจการขนาดกลาง เขตภาคเหนือกิจการขนาดใหญ่เขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กิจการเฉพาะอย่างเขตภาคเหนือ

วัชรินทร์ เปียสกุล (2549) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพยากรณ์และการวางแผนการผลิตรวมกรณีศึกษาบริษัทกระทิงสด โดยบริษัทกระทิงสด ดำเนินธุรกิจเกี่ยวกับอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง โดยมี สายการผลิตหลักคือ กระทิงสด และน้ำมะพร้าวอ่อน ซึ่งผลิตภัณฑ์ทั้งหมดจะถูกส่งออกไปขายยังต่างประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ยุโรป ออสเตรเลีย เป็นต้น การผลิตในปัจจุบันเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อ ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการวางแผนการผลิตโดยรวมอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มจาก การพยากรณ์ความต้องการสินค้าและวางแผนการผลิตรวม โดยใช้การโปรแกรมเชิงเส้นมาวิเคราะห์หาแผนการผลิตที่ได้กำไรสูงสุด โดยเลือกใช้เทคนิคการพยากรณ์คือ การหาค่าถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) และวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์โดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (Mean Absolute Percent Error: MAPE) โดยใช้โปรแกรม MINITAB 14.1 ทำการพยากรณ์ยอดขายในปี 2547-2548 โดยนำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์การกระจาย โดยจะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยยอดขาย ปี 2547-2548 อยู่ที่ 57.14 , 50.53 คู่ต่อเดือน ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายค่อนข้างน้อย และค่อนข้างคงที่คือ 0.142 0.147 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงยอดขายในแต่ละช่วงใกล้เคียงกัน ไม่มีแนวโน้มและฤดูกาลไม่มีผลต่อยอดขาย ดังนั้นด้วยการหาค่าถ่วงเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving average) ด้วยช่วงเวลา $n = 16$ มาทำการพยากรณ์ความต้องการสินค้ารายเดือนในปี 2549 แต่เนื่องจากข้อมูลบริษัทเป็นผลกำไรรายไตรมาสจึงต้องนำข้อมูลมารวมปริมาณความต้องการจากรายเดือนเป็นรายไตรมาสเมื่อป้อนข้อมูลเข้าเพื่อการหาคำตอบให้กำไรสูงสุดโดยใช้ Solver บน Excel โดยระบุความต้องการตามค่าพยากรณ์แต่ละไตรมาส และนำมาวิเคราะห์ต่อด้วยโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อให้ได้กำไรสูงสุดนั้นพบว่าไม่สินค้าที่ไม่ต้องทำการผลิต ได้แก่ p01 p03 p04 p05 p08 p12 p13 และสินค้าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตมากเป็นพิเศษ 2 รายการคือ รายการที่ 15 และ 20 มียอดผลิตรวมทั้งปี 122.07 119.25 ตู้และโดย ปริมาณสินค้าที่ต้องทำการผลิตทั้งหมด 691.81 ตู้ต่อปี

พรทิพย์ ฉัตรชัยพันธ์ (2548) ทำการศึกษาการเปรียบเทียบพยากรณ์ราคาขายพารา โดยวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีทรานสเฟอร์ฟังก์ชันและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดยในงานวิจัยได้ ทำการศึกษาหาตัวแบบพยากรณ์ราคาขายแผ่นรมควันชั้น 3 ราคาขายแผ่นดิบและราคาน้ำยางสด มี วัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบที่เหมาะสมโดยเทคนิคการวิเคราะห์อนุกรมเวลา 3 วิธีคือ วิธีบ็อกซ์ และเจนกินส์ วิธีทรานสเฟอร์ฟังก์ชันและวิธีโครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพการพยากรณ์ ทั้ง 3 แบบ โดยใช้ค่าสถิติวัดความถูกต้อง 2 ค่า ได้แก่ รากที่สองของค่า ความคาดเคลื่อน (RMSE) และเปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) รวมทั้งใช้การ ตรวจสอบความเอนเอียงปีนเกณฑ์ร่วมในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบด้วย โดยใช้ ข้อมูลราคาขายพาราจากสถาบันวิจัยยาง และอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนเทียบกับเงินบาทไทยจาก ธนาคารแห่งประเทศไทยเป็นข้อมูลรายวันตั้งแต่วันที่ 3 มกราคม 2544 ถึง 31 ธันวาคม 2546 รวม 733 วัน พบว่าราคาขายแผ่นรมควันชั้น 3 ใช้วิธีวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เป็นวิธีที่เหมาะสมและเมื่อ ร่วมกับอนุกรมเวลาของอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนเทียบกับเงินบาทร่วมพิจารณาพบว่าวิธีที่เหมาะสม คือ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม ราคาขายดิบ เมื่อใช้อนุกรมเวลาเพียง 1 ชุด วิธีที่เหมาะสมคือ วิธี โครงข่ายประสาทเทียมและเมื่อร่วมกับอนุกรมเวลาของอัตราแลกเปลี่ยนเงินเยนเทียบกับเงินบาท ร่วมพิจารณาพบว่าวิธีที่เหมาะสมคือ วิธีโครงข่ายประสาทเทียม และราคาน้ำยางสดเมื่อใช้อนุกรม เวลาเพียง 1 ชุด วิธีที่เหมาะสมคือ วิธีโครงข่ายประสาทเทียมและเมื่อร่วมกับอนุกรมเวลาของอัตรา แลกเปลี่ยนเงินเยนเทียบกับเงินบาทร่วมพิจารณาพบว่าวิธีที่เหมาะสมคือ โครงข่ายประสาทเทียม และเมื่อตรวจสอบความเอนเอียงพบว่าทุกตัวแบบให้ค่าพยากรณ์ที่ไม่มีมีความเอนเอียง

ณาดยา ธรรมานุกร และคณะ (2546) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์การโปรแกรมเชิงเส้น เพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์วางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์จากนมโคของ โครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และวิธีการโปรแกรมเป้าหมาย (Goal Programming Technique) เพื่อใช้จัดการกับปัญหามากกว่าหนึ่งฟังก์ชันเป้าหมาย (Multi Objective Optimization Problem) ซึ่งจะ ใช้ข้อมูลจากโรงงานเนยแข็งม้ามงคลใน โครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา จากนั้น หาผลเฉลยของแบบจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และทำการวิเคราะห์ผลที่ได้ เพื่อ ใช้ในการวางแผนผลิตผลิตภัณฑ์จาก นมโคในโรงงานเนยแข็งม้ามงคล ให้ได้ต้นทุนต่ำที่สุดโดย ใช้วิธีการทาง Operations Research และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Excel Solver, Strom, QM มาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสร้างแบบจำลองให้ สมการวัตถุประสงค์ มีรายได้รวมสูงที่สุดและต้นทุนน้ำมันดิบต่ำที่สุด โดยผลิตภัณฑ์ ของโรงงานเนยแข็งมีทั้งหมด 11 ชนิด ทำการเลือกมาสร้างแบบจำลองเพียง 7 ชนิด คือ นมปราศจากไขมัน โยเกิร์ต นมข้นหวาน ไอศกรีมโยเกิร์ต นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม ไอศกรีมสูตรธรรมดา ไอศกรีมสูตรพรีเมียม เป็นต้น ซึ่งจากการทำการวิจัย จะได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่ตลาดมีต้องการ ในปริมาณคือ นมปราศจากไขมัน และในการผลิตผลิตภัณฑ์ของ โรงงานนั้นจะ ขึ้นอยู่กับปัจจัย ของ วัตถุดิบ ความต้องการตามเทศกาล และฤดูกาล จะได้ว่า ช่วงเทศกาลปีใหม่นั้น จะต้องผลิตนมข้นหวานในปริมาณที่มาก หน้าร้อน ไอศกรีมมีความต้องการมาก ช่วงปิดเทอม โรงงานจะต้องผลิตใน ปริมาณที่น้อยกว่าช่วงเปิดเทอมและจะต้องคำนึงถึงวัตถุดิบที่เหลืออยู่ในสต็อก

กรณีการ สัทธรรมวิไล และคณะ (2538) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การประยุกต์ใช้การ โปรแกรมเชิงเส้นกับการแก้ปัญหาการผลิตสุกภัณฑ์ ของบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาจำกัด โดยศึกษา ถึงผลิตภัณฑ์ที่บริษัททำการผลิต ขั้นตอน และวิธีการผลิต ชนิดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้า จากนั้นทำการวิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับการผลิตและได้ใช้เทคนิคการพยากรณ์วิธี Box and Jenkins ในการวิเคราะห์ยอดขายผลิตภัณฑ์ต่อเดือนเพื่อนำยอดขายแต่ละเดือนตั้งแต่ปี 2533-2537 เป็นเวลา 5 ปี มาทำการพยากรณ์เพื่อที่จะสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยกำหนดตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันเป้าหมาย และข้อจำกัดตามการ โปรแกรมเชิงเส้น จากนั้นใช้เทคนิคการ โปรแกรมเชิงเส้น จำนวนเต็มวิเคราะห์หาจำนวนการผลิตสุกภัณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในการวิจัยนี้ ประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจทั้งหมด 36 ตัวแปร และฟังก์ชันเงื่อนไข 74 ฟังก์ชัน เมื่อใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ QSB⁺ วิเคราะห์ผลออกมานั้นจะได้ปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดที่เหมาะสม หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ความไว เพื่อต้องการตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาที่จัดทำขึ้น นั้น สามารถนำมาใช้ตัดสินใจผลิตผลิตภัณฑ์เมื่อค่าพารามิเตอร์อยู่ในช่วงใด โดยจะช่วงใช้ผู้บริหารตัดสินใจว่าจะใช้ตัวแบบเดิมต่อไปหรือจะกำหนดหาจำนวนการผลิตที่เหมาะสมใหม่ซึ่งวิเคราะห์ แล้วจะเห็นได้ว่า ตัวแบบเดิมสามารถใช้ได้อย่างเหมาะสมถ้าสัมประสิทธิ์ทางขวามือขีดจำกัดด้าน เตาอยู่ในช่วง 150,742 – 247,639 กิโลกรัมต่อเดือน และด้านเงินทุนมีค่าตั้งแต่ 2,763,797 บาทขึ้นไป และขีดจำกัดด้านเตามีความไวมากกว่าขีดจำกัดด้านเงินทุน

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน ระบบการผลิต การวิเคราะห์ปัญหาในการผลิต การวิเคราะห์ข้อมูล การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และการวิเคราะห์ความไว โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

กรณีศึกษา คือ โรงงาน “ห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินทรัพย์” มีผลิตภัณฑ์อยู่ 2 ประเภท คือ (1) น้ำหวานเข้มข้น มีตราสัญลักษณ์ว่า “Sunny” และ (2) น้ำผลไม้พร้อมดื่ม มีตราสัญลักษณ์ว่า “คอลลี่” เนื่องจากน้ำหวานเข้มข้นเป็นผลิตภัณฑ์หลักของโรงงาน คณะผู้วิจัยจึงเลือกที่จะวิจัยเฉพาะผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ โดยใช้ข้อมูลยอดขายน้ำหวานเข้มข้นแต่ละเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม 2543 ถึง กันยายน 2550 มาวิเคราะห์



รูปที่ 3.1 ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้น มีตราสัญลักษณ์ว่า “Sunny”

ตลาดการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำหวาน คือ ทั่วประเทศไทย และต่างประเทศ ได้แก่ กัมพูชา , พม่า , ลาว และ เวียดนาม โดยปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละปีจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงที่มีปริมาณการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งซื้อสูง คือ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนพฤษภาคม และช่วงที่ปริมาณการตั้งซื้อปกติ คือ ช่วงเวลาที่เหลือ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึง เดือนมกราคม

จากการศึกษาข้อมูล การจัดจำหน่ายทางโรงงานจะคิดหน่วยเป็น โทล นอกจากนี้ยังพบว่า ต้นทุนในการผลิตผลิตภัณฑ์ยังไม่มีค่าน้ำมัน เนื่องจากข้อจำกัดในการผลิตต่างๆ ดังนั้น คณะผู้วิจัย จึงสนใจที่จะวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาต้นทุนในการผลิตน้ำหวานเข้มข้น

3.2 ศึกษากระบวนการผลิต

โรงงานกรณีศึกษา มีผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นทั้งหมด 11 กลิ่น ได้แก่ สละ, ครีม โซดา, ส้ม, มะลิ, บลูเบอร์รี่, บ๊วย, กล้วยหอม, สับปะรด, กาแฟ, องุ่น และ ลิ้นจี่ โดยกลิ่นที่มียอดสั่งซื้อมากที่สุด ได้แก่ สละ และ ครีม โซดา ส่วนกลิ่นที่ยอดสั่งซื้อน้อย ได้แก่ กล้วยหอม, บ๊วย และ กาแฟ

ขั้นตอนการผลิตน้ำหวานเข้มข้นแต่ละกลิ่นนั้น มีขั้นตอนที่เหมือนกัน แต่ต่างเฉพาะตรง ส่วนผสมคือ สี, กลิ่น และกรดมะนาว เท่านั้น โดยส่วนผสมและขั้นตอนการผลิต มีดังต่อไปนี้

ส่วนผสม

1. น้ำตาล หรือ ฟรุคโตส
2. สารให้ความหวาน
3. สารให้ความเหนียว
4. สี
5. กลิ่น
6. สารกันบูด (อ.ย. กำหนดให้ใส่ไม่เกิน 0.001% ต่อ 1 ลิตร)
7. กรดมะนาว

ขั้นตอนการผลิต

1. ต้มน้ำตาล หรือ ฟรุคโตส ในถังต้มวัตถุดิบ โดยต้มด้วยวิธีการนำถัง Boiler (ใช้น้ำมันเชื้อเพลิง) ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ต้มน้ำจากถังนี้จนได้เป็นแรงดันไอน้ำเพื่อส่งความร้อนไปที่ถังต้มวัตถุดิบ
2. นำสารให้ความเหนียว, สารให้ความหวาน, กรดมะนาว และ สารกันบูด ใส่ลงไปในถังต้มวัตถุดิบ
3. นำน้ำตาลที่ต้มแล้วไปพักที่ถังหล่อเย็น จะมีเครื่องหล่อเย็นปล่อยน้ำเย็นไปตามท่อเพื่อหล่อที่ถัง ทำให้ลดระดับความร้อนของน้ำตาลที่ต้มแล้วในถัง จากนั้น เมื่อน้ำที่ถูกลงไปหล่ออุณหภูมิสูงขึ้น ก็จะถูกวนกลับมาโดยจะผ่านระบบการให้น้ำเพื่อให้อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำลดลงก่อนที่จะส่งกลับเข้าเครื่องหล่อเย็น โดยจะหมุนเวียนแบบนิรนอุณหภูมิตั้งอยู่ในระดับที่สามารถใส่สีได้

4. ใส่กลิ่นและสี โดยแต่ละสีอุณหภูมิเวลาที่ใส่จะไม่เท่ากัน
5. นำบรรจุใส่ขวดเตรียมจำหน่ายต่อไป

3.3 ขอบเขตปัญหา

จากการศึกษาข้อมูลต่างๆของโรงงาน และทำการวิเคราะห์ข้อจำกัดในการผลิต ทำให้พบปัญหาดังต่อไปนี้

1. ด้านปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ พบว่า ในแต่ละปียอดขายน้ำหวานเข้มข้นแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงยอดสั่งซื้อสูง และช่วงยอดสั่งซื้อปกติ ถ้าในช่วงยอดสั่งซื้อสูงนั้น จะเกิดปัญหาคือด้านการผลิต คือ แรงงานและเครื่องจักรไม่สามารถที่จะผลิตได้ทันตามความต้องการผลิตภัณฑ์
2. ด้านเครื่องจักร เนื่องจากเครื่องจักรมีปริมาณไม่เพียงพอ ทำให้การจัดสรรการใช้เครื่องจักรในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆเกิดความล่าช้า ทำให้ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ไม่เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า
3. ด้านวัตถุดิบ จากการที่ส่วนผสมบางชนิดราคาไม่คงที่ เช่น น้ำตาล ซึ่งถือเป็น วัตถุดิบหลัก ทำให้เกิดปัญหาในด้านต้นทุนที่ไม่แน่นอน
4. ด้านแรงงาน ในช่วงยอดสั่งซื้อสูงนั้น แรงงานจะต้องทำโอทีเพิ่ม จากเวลาการทำงานเดิม คือ 8.00-17.00 นาฬิกา จะเพิ่มไปถึงเวลา 1.00 นาฬิกา
5. เงินทุนที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยค่าใช้จ่ายมีดังต่อไปนี้ ค่าแรงงาน , ค่าวัตถุดิบ , ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (เช่น ค่าน้ำ, ค่าไฟ) เมื่อนำต้นทุนทั้งหมดมาคิดในแต่ละรายการ จะมีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 รายการผลิตภัณฑ์, ตัวแปรที่อยู่ในขอบเขตศึกษา และ ต้นทุนแต่ละรายการผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์	ตัวแปร	ต้นทุน (บาท /ขวด)	ต้นทุน (บาท /โหล)
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	X_1	11.50	138.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมช็อคโกแลต	X_2	10.00	120.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	X_3	9.50	114.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	X_4	8.00	96.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	X_5	9.50	114.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	X_6	10.00	120.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย	X_7	11.50	138.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	X_8	12.00	144.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	X_9	11.50	138.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	X_{10}	11.50	138.00
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	X_{11}	10.50	126.00

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาปริมาณน้ำหวานเข้มข้น 11 ชนิด ว่าควรจะผลิตผลิตภัณฑ์ในปริมาณเท่าใด จึงจะทำให้เกิดต้นทุนต่ำสุด และจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดในสามารถให้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัย ดังต่อไปนี้

3.4.1 การวิเคราะห์จากการพยากรณ์

ในการศึกษาครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกวิธีบ็อกซ์และเจนนิงส์ มาวิเคราะห์ยอดขายซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นทั้ง 11 กลิ่น เนื่องจากวิธีบ็อกซ์และเจนนิงส์เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ข้อมูลขนาดกลาง และรูปแบบที่ใช้พยากรณ์นี้ขึ้นกับข้อมูลที่ศึกษาเพียงอย่างเดียว โดยใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลยอดขายสิ่งซื้อผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นทั้ง 11 กลิ่น ตั้งแต่เดือนมกราคม 2543 ถึง เดือนกันยายน 2550 มาสร้างตัวแบบและพยากรณ์ค่าล่วงหน้าตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึง เดือนกันยายน 2551

3.4.2 การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์

นำค่าที่ได้จากการพยากรณ์มาใช้เพื่อวางแผนการผลิต โดยการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์จากการศึกษาครั้งนี้

คณะผู้วิจัยตัดสินใจที่จะวิเคราะห์ด้านต้นทุน เพื่อหาค่าใช้จ่ายต่ำสุด โดยพบข้อจำกัดจากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้อง โดยมีข้อจำกัดต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้า (หน่วยเป็น โหล)
- ข้อจำกัดในด้านเครื่องจักร (หน่วยเป็น โหล)
- ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ (หน่วยเป็น กิโลกรัม)
- ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต (หน่วยเป็น โหล)

สมการวัตถุประสงค์ คือ

$$\text{Min } Z = \sum C_i X_i$$

สมการข้อจำกัด คือ

$$\sum \sum a_{ij} X_i \leq b_j$$

ตัวแปรที่ใช้ศึกษาในงานวิจัย

X_i คือ จำนวนหน่วยของผลิตภัณฑ์แต่ละกลิ่นที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

a_{ij} คือ ปริมาณการใช้ทรัพยากรในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละกลิ่นที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$ และ $j = 1, 2, \dots, m$

b_j คือ ขีดจำกัดทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตแต่ละข้อจำกัดที่ j เมื่อ $j = 1, 2, \dots, m$

C_i คือ ต้นทุนที่ได้จากการตัดสินใจของผลิตภัณฑ์แต่ละกลิ่นที่ i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

หลังจากแก้ปัญหาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเมื่อได้ค่า X_i ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ผลที่ได้จากการหาคำตอบอาจมีการเปลี่ยนแปลง คณะผู้วิจัยจึงมีการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลง โดยขอบเขตของการเปลี่ยนแปลง มีดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในสมการวัตถุประสงค์
2. การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ทางขวามือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

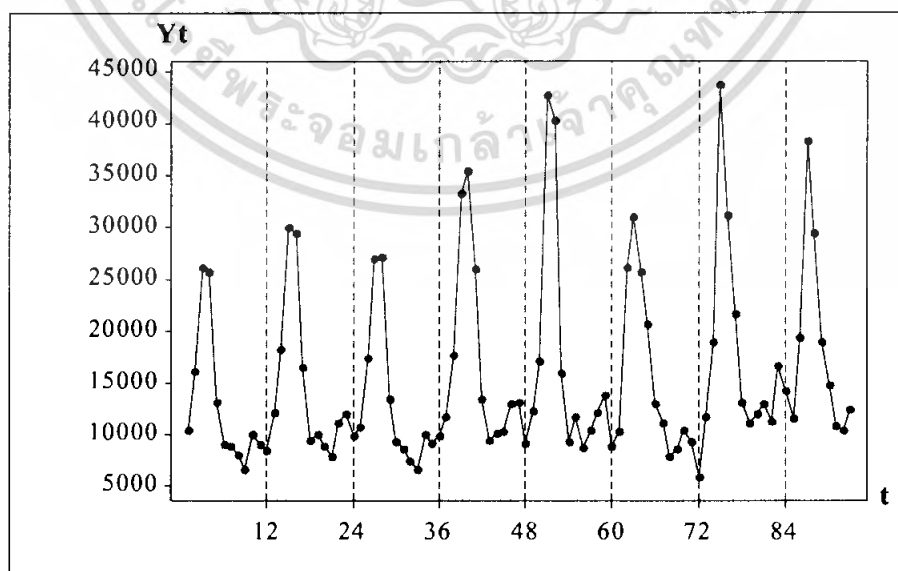
บทนี้จะกล่าวถึง ผลการวิจัยโดยเริ่มจากการพยากรณ์ปริมาณยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้น 11 ชนิด หลังจากนั้นนำค่าพยากรณ์ที่ได้มาวางแผนการผลิต โดยนำค่าต่างๆมาสร้างข้อจำกัดและนำมาสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้น หลังจากนั้นนำค่าที่ได้จากการโปรแกรมเชิงเส้นมาวิเคราะห์ความไว มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลา

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคนิคของบ็อกซ์และเจนกินส์ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้น โดยที่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีตัวแบบที่เหมาะสม และค่าพยากรณ์ต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตรอเบอรี่

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตรอเบอรี่ { Y_t } มีขนาด 93 (มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.1 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี



รูปที่ 4.1 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสตรอเบอรี่

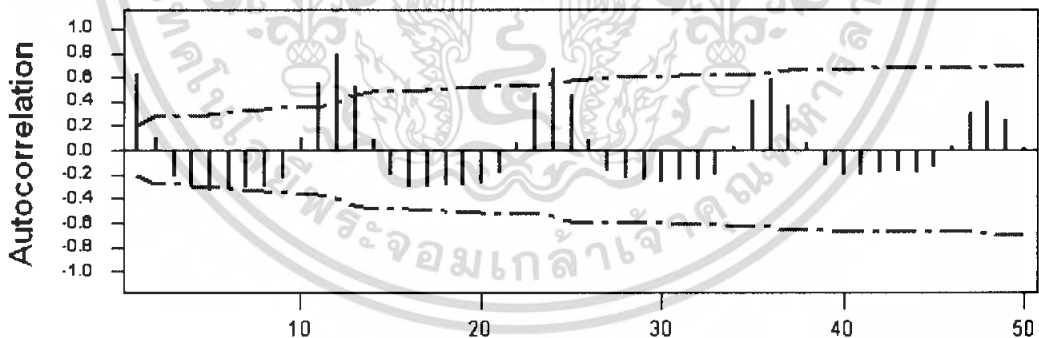
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.1 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

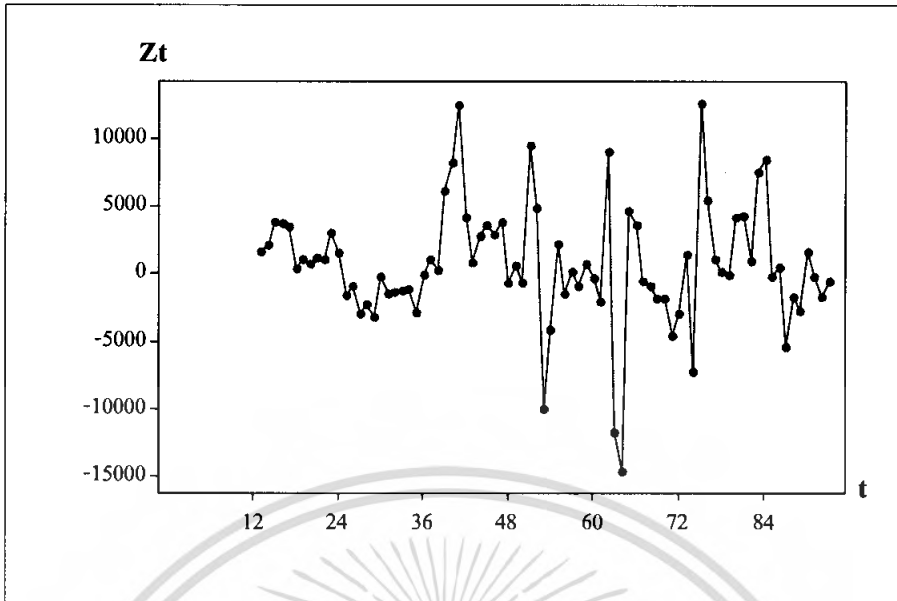
Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.64	0.14	38.00	13	0.53	2.32	235.25	25	0.46	1.58	411.30	37	0.37	1.12	500.30	49	0.25	0.71	008.55
2	0.10	0.70	39.03	14	0.08	0.33	235.07	26	0.08	0.28	412.30	38	0.08	0.18	500.00	50	0.02	0.00	008.04
3	-0.22	-1.55	44.57	15	-0.21	-0.87	241.04	27	-0.17	-0.58	416.30	39	-0.14	-0.41	500.04				
4	-0.31	-2.18	54.10	16	-0.30	-1.23	251.47	28	-0.23	-0.78	423.01	40	-0.21	-0.62	577.04				
5	-0.33	-2.21	05.30	17	-0.31	-1.25	202.70	29	-0.25	-0.82	432.32	41	-0.20	-0.81	504.11				
6	-0.32	-2.04	75.04	18	-0.29	-1.15	272.87	30	-0.26	-0.87	442.12	42	-0.19	-0.57	500.50				
7	-0.32	-1.90	06.15	19	-0.29	-1.14	203.04	31	-0.26	-0.83	451.47	43	-0.18	-0.53	500.40				
8	-0.30	-1.75	05.58	20	-0.28	-1.08	202.50	32	-0.24	-0.79	400.04	44	-0.19	-0.55	002.00				
9	-0.23	-1.29	101.12	21	-0.20	-0.75	207.33	33	-0.20	-0.84	405.00	45	-0.15	-0.43	000.00				
10	0.10	0.58	102.28	22	0.08	0.22	207.70	34	0.04	0.11	400.15	46	0.03	0.00	000.70				
11	0.50	3.10	136.31	23	0.46	1.75	324.00	35	0.41	1.31	401.00	47	0.30	0.00	024.10				
12	0.70	3.05	203.78	24	0.08	2.40	303.00	36	0.58	1.03	544.00	48	0.40	1.17	050.00				

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.2 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน โดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว

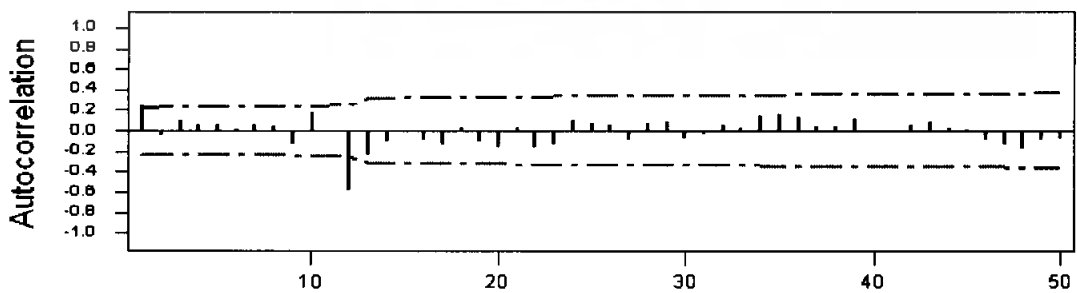


รูปที่ 4.3 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

ตารางที่ 4.2 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาออกขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.24	2.10	4.00	13	-0.24	-1.54	50.00	25	0.08	0.47	65.32	37	0.04	0.24	70.53	49	-0.09	-0.52	97.07
2	-0.05	-0.42	5.20	14	-0.10	-0.64	51.14	26	0.06	0.35	65.78	38	0.05	0.26	70.86	50	-0.08	-0.42	98.37
3	0.10	0.86	6.09	15	0.01	0.04	51.14	27	-0.09	-0.50	66.88	39	0.11	0.84	81.91				
4	0.06	0.51	6.41	16	-0.09	-0.57	52.01	28	0.07	0.43	67.33	40	-0.00	-0.03	81.92				
5	0.06	0.54	6.77	17	-0.13	-0.83	53.86	29	0.09	0.51	68.30	41	-0.01	-0.04	81.93				
6	0.01	0.08	6.78	18	0.04	0.22	54.00	30	-0.07	-0.43	69.01	42	0.06	0.36	82.63				
7	0.05	0.46	7.06	19	-0.11	-0.65	55.22	31	-0.03	-0.18	69.13	43	0.09	0.51	84.06				
8	0.04	0.34	7.21	20	-0.16	-0.99	56.11	32	0.07	0.38	69.73	44	0.04	0.20	84.30				
9	-0.13	-1.06	8.74	21	0.03	0.18	56.22	33	0.03	0.17	69.85	45	0.01	0.07	84.33				
10	0.18	1.44	11.87	22	-0.16	-0.99	61.27	34	0.15	0.85	72.90	46	-0.09	-0.52	86.02				
11	0.01	0.05	11.87	23	-0.14	-0.82	63.44	35	0.15	0.89	76.41	47	-0.13	-0.71	89.22				
12	-0.58	-4.84	44.46	24	0.10	0.58	64.55	36	0.14	0.79	79.27	48	-0.17	-0.95	95.18				

Autocorrelation Function for Z_t



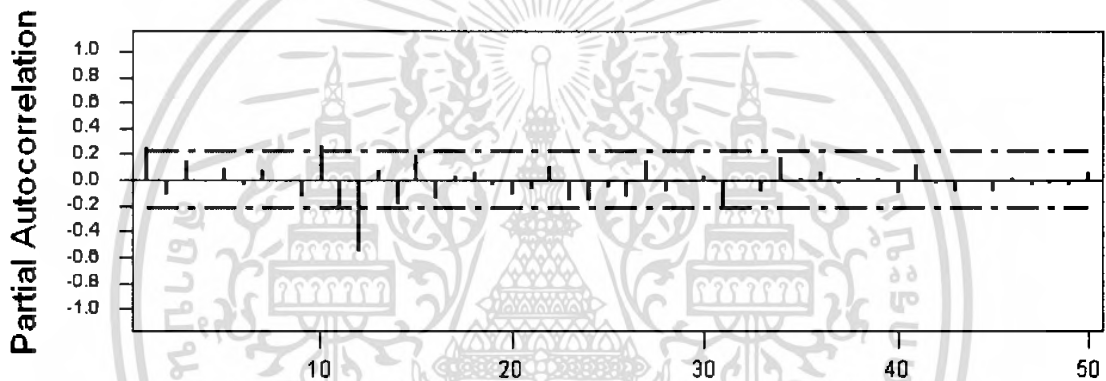
รูปที่ 4.4 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาออกขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.24	2.19	13	0.07	0.65	25	-0.06	-0.54	37	-0.02	-0.21	49	-0.04	-0.37
2	-0.12	-1.04	14	-0.18	-1.85	26	-0.13	-1.20	38	0.02	0.18	50	0.08	0.51
3	0.15	1.39	15	0.19	1.75	27	0.15	1.38	39	0.02	0.15			
4	-0.02	-0.14	16	-0.15	-1.32	28	-0.09	-0.82	40	-0.10	-0.90			
5	0.09	0.74	17	0.03	0.30	29	0.00	0.00	41	0.12	1.07			
6	-0.04	-0.38	18	0.05	0.48	30	0.03	0.24	42	-0.04	-0.32			
7	0.08	0.72	19	-0.05	-0.43	31	-0.21	-1.85	43	-0.09	-0.84			
8	-0.02	-0.15	20	-0.12	-1.10	32	-0.01	-0.05	44	-0.01	-0.12			
9	-0.13	-1.21	21	-0.08	-0.71	33	-0.08	-0.74	45	-0.08	-0.76			
10	0.27	2.42	22	0.10	0.87	34	0.17	1.57	46	0.01	0.08			
11	-0.20	-1.80	23	-0.16	-1.41	35	0.01	0.08	47	-0.05	-0.41			
12	-0.56	-5.07	24	-0.17	-1.51	36	0.06	0.53	48	-0.04	-0.32			

Partial Autocorrelation Function for z_t



รูปที่ 4.5 คอเรโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

การกำหนดรูปแบบ SARIMA(P,D,Q)_L ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จากรูปที่ 4.4 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลา ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ cut off หลัง lag ที่ 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่า cut off หลัง lag ที่ 12 (รูปที่ 4.5) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ คือ SARIMA(1,1,1)₁₂ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
SAR 12	-0.2805	0.1354	-2.07	0.042
SMA 12	0.7985	0.1289	6.19	0.000
Constant	838.78	76.25	11.00	0.000

Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12

Number of observations: Original series 93, after differencing 81

Residuals: SS = 739276992 (back forecasts excluded)

MS = 9477910 df = 78

จากตารางที่ 4.4 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 838.78$, $\hat{\phi}_{12} = -0.2805$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.7985$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้น ควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.4 พบว่ามีค่าสถิติ t = 11.00 (p-value= 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \phi_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \phi_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.4 พบว่ามีค่าสถิติ t = -2.07 (p-value= 0.042) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า ϕ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ ϕ_{12} อยู่ในตัวแบบ

$$3. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.4 พบว่ามีค่าสถิติ t = 6.19 (p-value= 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ SARIMA(1,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ SARIMA(1,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐานของ Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.5 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	11.1	25.7	31.1	41.8
df	9	21	33	45
p-value	0.268	0.219	0.561	0.609

จากตารางที่ 4.5 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.5 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,9} = 11.1$ (p-value = 0.268) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.5 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,21} = 25.7$ (p-value = 0.219) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.5 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,33} = 31.1$ (p-value = 0.561) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.5 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,45} = 41.8$ (p-value = 0.609) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ SARIMA (1,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว

จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.4 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละรายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Z_t = \theta_0 + \phi_{12}Z_{t-12} + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \phi_{12}Y_{t-12} + Y_{t-12} - \phi_{12}Y_{t-24} + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 838.78 - 0.2825Y_{t-12+l} + Y_{t-12+l} + 0.2825Y_{t-24+l} - 0.7985\varepsilon_{t-12+l}$$

สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.6

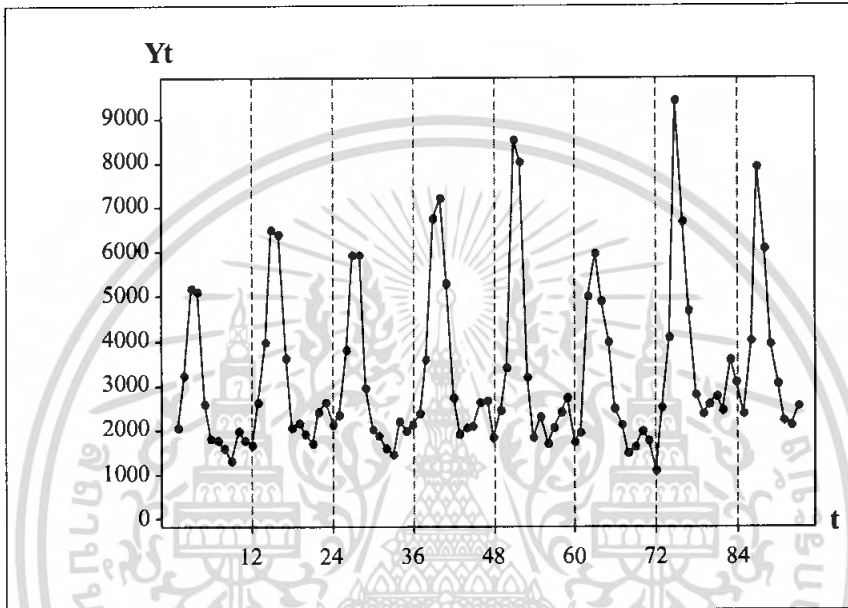
ตารางที่ 4.6 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (บาท)
ต.ค. 2550	13,788.0
พ.ย. 2550	13,392.8
ธ.ค. 2550	10,603.6
ม.ค. 2551	14,317.9
ก.พ.2551	22,259.2
มี.ค.2551	38,006.6
เม.ย.2551	34,018.2
พ.ค.2551	22,044.1
มิ.ย.2551	14,138.4
ก.ค.2551	13,315.3
ส.ค. 2551	12,245.5
ก.ย.2551	12,492.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา $\{Y_t\}$ มีจำนวน 93 เดือน (มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.6 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี



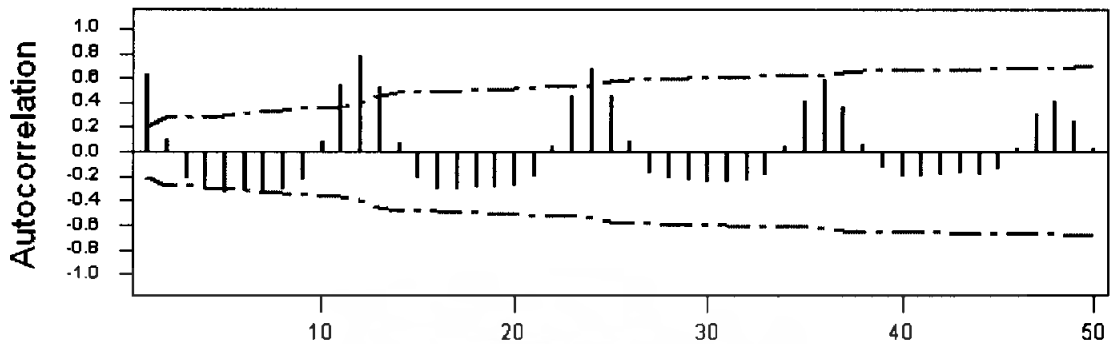
รูปที่ 4.6 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา

จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.7 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา

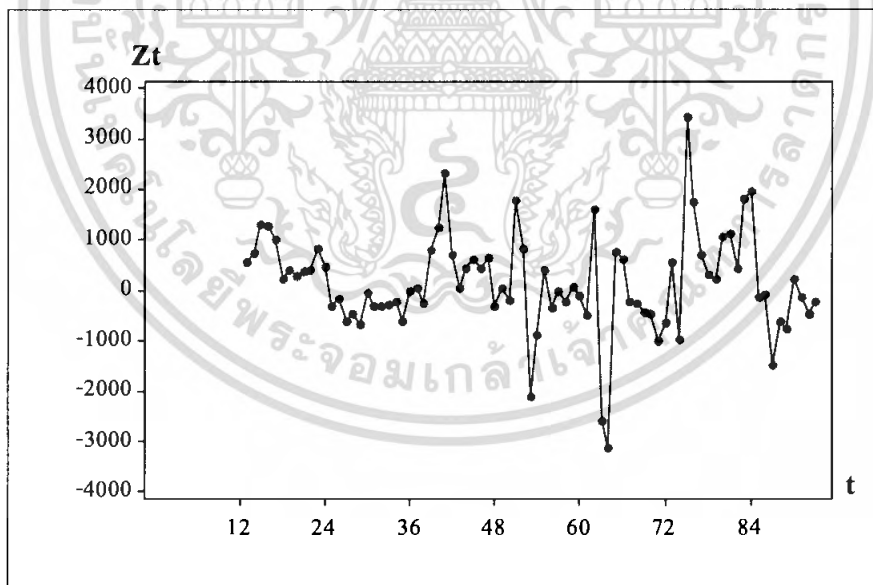
Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.04	8.14	38.91	13	0.52	2.29	229.78	25	0.45	1.56	402.71	37	0.37	1.13	552.89	49	0.25	0.73	654.80
2	0.10	0.71	39.97	14	0.07	0.30	230.35	26	0.09	0.27	403.58	38	0.09	0.18	553.47	50	0.02	0.06	654.70
3	-0.22	-1.58	44.57	15	-0.22	-0.90	235.71	27	-0.17	-0.57	407.42	39	-0.13	-0.40	556.38				
4	-0.31	-2.18	54.29	16	-0.31	-1.26	240.44	28	-0.23	-0.76	414.32	40	-0.20	-0.61	563.22				
5	-0.34	-2.23	65.84	17	-0.32	-1.27	257.99	29	-0.24	-0.79	422.14	41	-0.20	-0.60	569.99				
6	-0.33	-2.05	76.46	18	-0.30	-1.17	268.27	30	-0.25	-0.84	431.20	42	-0.19	-0.57	576.28				
7	-0.32	-1.91	88.83	19	-0.29	-1.15	278.51	31	-0.25	-0.81	439.78	43	-0.18	-0.53	581.97				
8	-0.30	-1.75	99.31	20	-0.28	-1.09	288.08	32	-0.23	-0.76	447.57	44	-0.18	-0.55	588.18				
9	-0.23	-1.31	102.00	21	-0.20	-0.76	292.96	33	-0.19	-0.62	452.97	45	-0.15	-0.43	592.05				
10	0.09	0.51	102.90	22	0.05	0.19	293.27	34	0.04	0.13	453.22	46	0.03	0.09	592.25				
11	0.54	3.00	134.84	23	0.45	1.71	319.02	35	0.41	1.33	479.05	47	0.30	0.89	609.79				
12	0.77	3.88	199.88	24	0.67	2.40	376.17	36	0.58	1.84	531.48	48	0.40	1.18	641.82				

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.7 คอเรล โลกแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชคา

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน โดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาที่มีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.8 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว



รูปที่ 4.8 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.32	2.90	8.73	13	-0.28	-1.74	57.74	25	0.12	0.88	74.47	37	0.04	0.19	92.52
2	0.04	0.32	8.87	14	-0.14	-0.87	59.81	26	0.09	0.52	75.52	38	0.03	0.15	92.84
3	0.11	0.87	9.83	15	-0.02	-0.12	59.85	27	-0.05	-0.28	75.82	39	0.09	0.48	93.80
4	0.08	0.46	10.10	16	-0.10	-0.58	60.81	28	0.09	0.49	76.80	40	-0.04	-0.19	94.01
5	0.08	0.51	10.46	17	-0.13	-0.77	62.57	29	0.10	0.57	78.10	41	-0.04	-0.23	94.32
6	0.03	0.20	10.50	18	0.01	0.08	62.59	30	-0.04	-0.23	78.32	42	0.02	0.11	94.40
7	0.07	0.54	10.92	19	-0.11	-0.84	63.86	31	0.00	0.00	78.32	43	0.04	0.22	94.70
8	0.07	0.54	11.33	20	-0.17	-0.98	66.89	32	0.10	0.54	79.58	44	-0.02	-0.11	94.77
9	-0.10	-0.78	12.22	21	0.00	0.03	66.89	33	0.07	0.38	80.23	45	-0.05	-0.25	95.17
10	0.10	0.79	13.17	22	-0.15	-0.88	69.50	34	0.18	1.01	84.92	46	-0.15	-0.79	99.38
11	-0.09	-0.71	13.94	23	-0.09	-0.53	70.50	35	0.18	0.97	89.43	47	-0.18	-0.98	105.76
12	-0.81	-4.77	50.08	24	0.14	0.81	72.84	36	0.14	0.76	92.33	48	-0.23	-1.19	118.10

Autocorrelation Function for Z_t



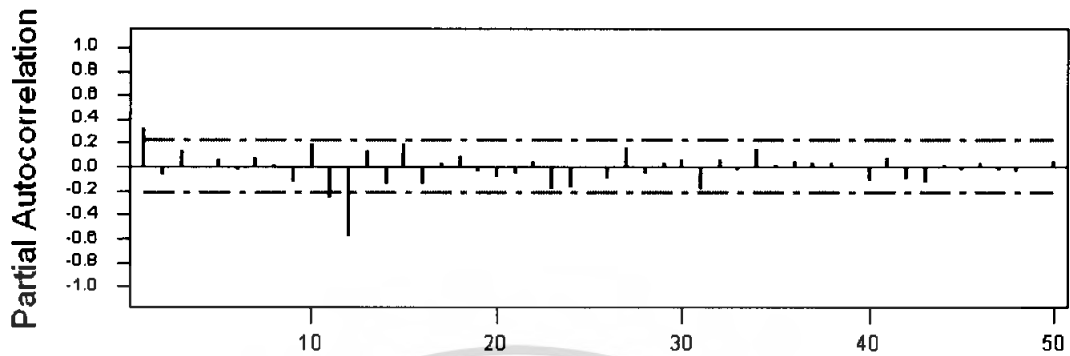
รูปที่ 4.9 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา

ตารางที่ 4.9 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.32	2.90	13	0.13	1.17	25	-0.00	-0.03	37	0.02	0.22	49	-0.02	-0.17
2	-0.07	-0.55	14	-0.15	-1.35	26	-0.10	-0.90	38	0.03	0.29	50	0.05	0.42
3	0.13	1.16	15	0.19	1.70	27	0.17	1.50	39	0.00	0.03			
4	-0.02	-0.20	16	-0.14	-1.26	28	-0.06	-0.54	40	-0.12	-1.08			
5	0.07	0.59	17	0.03	0.30	29	0.03	0.28	41	0.08	0.72			
6	-0.03	-0.25	18	0.08	0.74	30	0.06	0.52	42	-0.10	-0.88			
7	0.08	0.72	19	-0.05	-0.42	31	-0.19	-1.89	43	-0.13	-1.14			
8	0.01	0.07	20	-0.08	-0.74	32	0.06	0.57	44	0.01	0.13			
9	-0.14	-1.22	21	-0.06	-0.51	33	-0.03	-0.23	45	-0.04	-0.33			
10	0.20	1.78	22	0.05	0.41	34	0.15	1.39	46	0.03	0.28			
11	-0.26	-2.36	23	-0.19	-1.75	35	0.01	0.09	47	-0.03	-0.24			
12	-0.59	-5.27	24	-0.17	-1.56	36	0.05	0.42	48	-0.05	-0.44			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.10 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา

การกำหนดรูปแบบ $ARIMA(p,d,q) \times SARIMA(P,D,Q)_L$ ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จากรูปที่ 4.9 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ cut off หลัง lag ที่ 1 และ cut off ที่ lag 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่า cut off หลัง lag ที่ 12 (รูปที่ 4.10) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา คือ $ARIMA(0,0,1) \times SARIMA(1,1,1)_{12}$ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.10 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.10 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
SAR 12	-0.3981	0.1455	-2.74	0.008
MA 1	-0.2725	0.1093	-2.49	0.015
SMA 12	0.7184	0.1591	4.51	0.000
Constant	172.07	25.59	6.72	0.000

Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12

Number of observations: Original series 93, after differencing 81

Residuals: SS = 29776648 (backforecasts excluded)

MS = 386710 df = 77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.10 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 172.07$, $\hat{\theta}_1 = -0.2725$, $\hat{\phi}_{12} = -0.3981$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.7184$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้น ควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.10 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 6.72$ (p-value = 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.10 พบว่ามีค่าสถิติ $t = -2.49$ (p-value = 0.015) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_1 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_1 อยู่ในตัวแบบ

$$3. H_0 : \phi_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \phi_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.10 พบว่ามีค่าสถิติ $t = -2.74$ (p-value = 0.008) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า ϕ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ ϕ_{12} อยู่ในตัวแบบ

$$4. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.10 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 4.51$ (p-value = 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ ARIMA(0,0,1) × SARIMA(1,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ ARIMA(0,0,1) × SARIMA(1,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.11 การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	9.7	23.0	27.3	34.8
df	8	20	32	44
p-value	0.288	0.291	0.705	0.839

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.11 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.11 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,8} = 9.7$ (p-value = 0.288) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.11 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,20} = 23.0$ (p-value = 0.291) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.11 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,32} = 27.3$ (p-value = 0.705) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.11 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,44} = 34.8$ (p-value = 0.839) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ ARIMA(0,0,1) \times SARIMA(1,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.10 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โขคารายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + Y_{t-12} + \phi_{12}Y_{t-1} + \phi_{12}Y_{t-13} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12} - \theta_1\varepsilon_{t-1} + \theta_1\theta_{12}\varepsilon_{t-13}$$

$$Y_t = \theta_0 + Y_{t-12} + \phi_{12}Y_{t-1} + \phi_{12}Y_{t-13} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12} - \theta_1\varepsilon_{t-1} + \theta_1\theta_{12}\varepsilon_{t-13}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 172.07 + Y_{t-12} - 0.3981Y_{t-1} - 0.3981Y_{t-13+l} - 0.7184e_{t-12+l} + 0.2725e_{t-1+l} - 0.1957e_{t-13+l}$$

สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม ช็อคตา ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.12

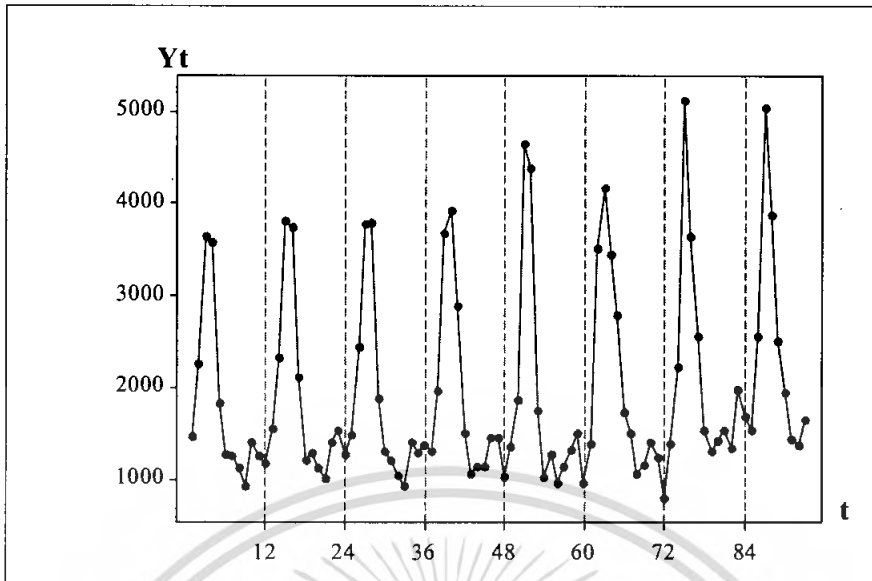
ตารางที่ 4.12 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม ช็อคตาตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (โหล)
ต.ค. 2550	2,844.89
พ.ย. 2550	2,607.91
ธ.ค. 2550	2,013.63
ม.ค. 2551	2,876.26
ก.พ.2551	4,571.47
มี.ค.2551	7,950.25
เม.ย.2551	6,984.95
พ.ค.2551	4,561.39
มิ.ย.2551	2,857.19
ก.ค.2551	2,693.86
ส.ค. 2551	2,479.46
ก.ย.2551	2,535.27

4.1.3 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม $\{Y_t\}$ มีจำนวน 93 เดือน (มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.11 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



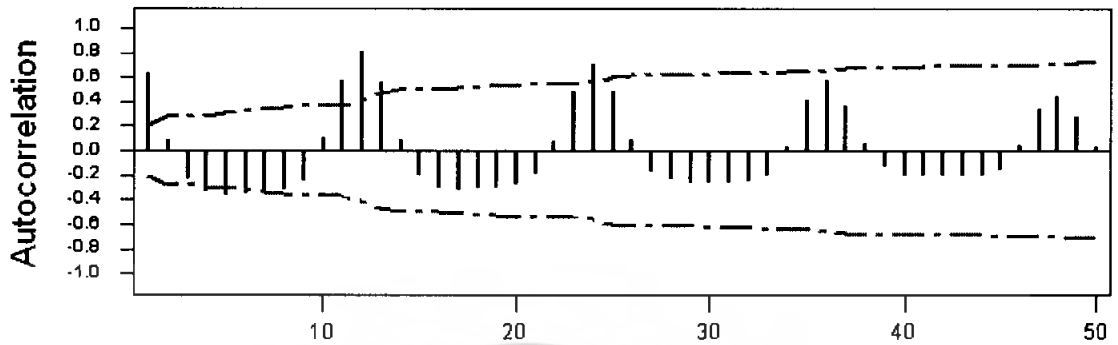
รูปที่ 4.11 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกึ่งลิ้นส้ม

จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.13 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกึ่งลิ้นส้ม

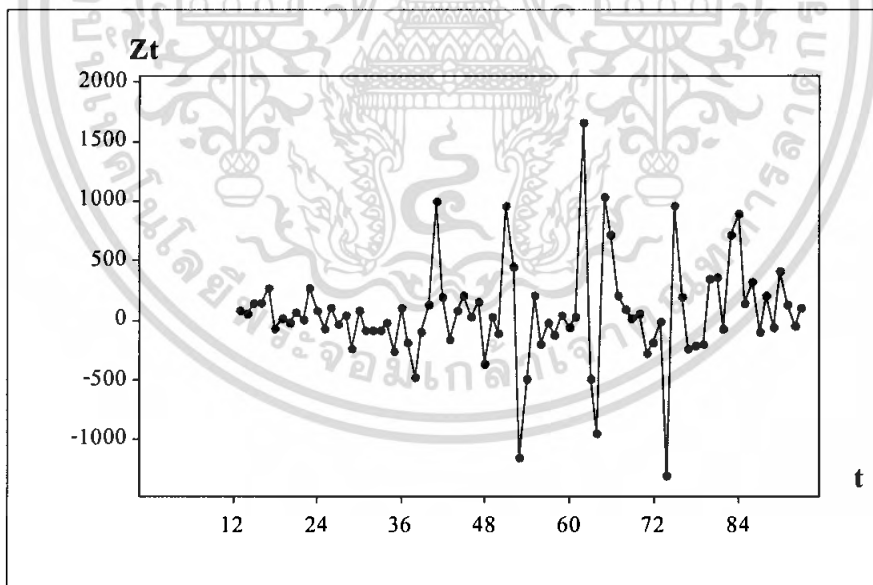
Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.84	8.15	39.04	13	0.50	2.35	253.14	25	0.48	1.59	439.57	37	0.37	1.08	595.19	49	0.28	0.77	714.23
2	0.09	0.85	39.84	14	0.09	0.38	254.07	26	0.09	0.30	440.89	38	0.06	0.17	595.78	50	0.03	0.09	714.44
3	-0.23	-1.67	46.21	15	-0.21	-0.64	259.12	27	-0.17	-0.58	444.75	39	-0.13	-0.38	598.59				
4	-0.33	-2.30	58.19	16	-0.31	-1.21	269.85	28	-0.24	-0.78	462.85	40	-0.20	-0.59	605.47				
5	-0.38	-2.38	69.17	17	-0.32	-1.25	281.82	29	-0.26	-0.83	481.83	41	-0.21	-0.60	612.78				
6	-0.35	-2.19	81.84	18	-0.30	-1.17	292.73	30	-0.27	-0.88	472.14	42	-0.21	-0.60	620.19				
7	-0.34	-2.04	94.05	19	-0.30	-1.14	303.81	31	-0.26	-0.83	481.92	43	-0.20	-0.58	627.40				
8	-0.32	-1.83	104.98	20	-0.28	-1.08	313.39	32	-0.25	-0.79	491.07	44	-0.21	-0.59	635.15				
9	-0.24	-1.32	111.14	21	-0.19	-0.71	318.00	33	-0.21	-0.84	497.33	45	-0.16	-0.45	639.82				
10	0.10	0.54	112.24	22	0.07	0.25	318.58	34	0.03	0.10	497.49	46	0.04	0.12	639.93				
11	0.57	3.05	147.32	23	0.49	1.75	347.51	35	0.41	1.26	522.59	47	0.33	0.94	660.94				
12	0.81	3.95	216.89	24	0.70	2.47	409.78	36	0.58	1.78	573.98	48	0.44	1.24	698.85				

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.12 คอเรลโตแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน โดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง มีการเลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ ดังรูปที่ 4.13 เมื่อพิจารณาจากรูปจะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว



รูปที่ 4.13 การเลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	-0.02	-0.10	0.04	13	-0.06	-0.36	57.75	25	0.10	0.55	80.04	37	-0.09	-0.40	93.05
2	-0.28	-2.53	6.75	14	0.04	0.26	57.93	26	0.07	0.36	80.56	38	-0.05	-0.25	93.40
3	0.08	0.64	7.26	15	0.15	0.91	60.27	27	-0.20	-1.13	85.70	39	0.14	0.76	96.64
4	0.06	0.54	7.62	16	0.00	0.02	60.27	28	0.00	0.01	85.70	40	-0.01	-0.05	96.66
5	0.08	0.69	8.23	17	-0.07	-0.41	60.78	29	0.04	0.20	85.87	41	-0.02	-0.08	96.69
6	-0.05	-0.43	8.48	18	0.19	1.13	64.60	30	-0.15	-0.79	89.66	42	0.06	0.29	97.22
7	-0.05	-0.36	8.68	19	0.01	0.07	64.61	31	-0.07	-0.39	89.30	43	0.06	0.30	97.78
8	-0.06	-0.46	9.00	20	-0.01	-0.08	64.63	32	0.00	0.01	89.30	44	0.00	0.01	97.78
9	-0.26	-2.12	15.24	21	0.26	1.53	72.26	33	-0.10	-0.52	90.58	45	0.04	0.20	98.05
10	0.26	2.19	22.78	22	-0.11	-0.60	73.54	34	0.08	0.43	91.49	46	-0.06	-0.30	98.67
11	0.14	1.01	24.80	23	-0.13	-0.73	75.48	35	0.04	0.24	91.78	47	-0.03	-0.14	98.80
12	-0.58	-4.20	57.35	24	0.17	0.96	78.87	36	-0.01	-0.04	91.79	48	-0.04	-0.20	99.10

Autocorrelation Function for Z_t



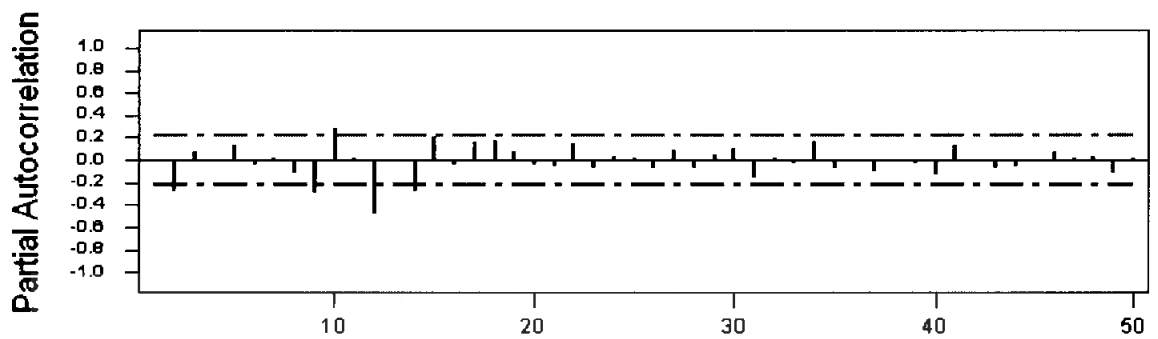
รูปที่ 4.14 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม

ตารางที่ 4.15 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	-0.02	-0.10	13	-0.01	-0.12	25	0.02	0.16	37	-0.10	-0.89	49	-0.11	-1.00
2	-0.28	-2.53	14	-0.27	-2.46	26	-0.07	-0.63	38	-0.01	-0.06	50	0.02	0.19
3	0.07	0.62	15	0.21	1.88	27	0.10	0.86	39	-0.03	-0.26			
4	-0.01	-0.12	16	-0.04	-0.36	28	-0.08	-0.71	40	-0.14	-1.23			
5	0.14	1.22	17	0.16	1.42	29	0.05	0.43	41	0.13	1.14			
6	-0.05	-0.42	18	0.18	1.62	30	0.10	0.91	42	-0.00	-0.03			
7	0.01	0.10	19	0.07	0.63	31	-0.15	-1.39	43	-0.07	-0.63			
8	-0.12	-1.08	20	-0.04	-0.33	32	0.01	0.12	44	-0.06	-0.50			
9	-0.30	-2.71	21	-0.05	-0.48	33	-0.04	-0.33	45	-0.01	-0.11			
10	0.27	2.48	22	0.15	1.32	34	0.16	1.46	46	0.08	0.69			
11	0.01	0.08	23	-0.08	-0.70	35	-0.07	-0.61	47	0.01	0.07			
12	-0.49	-4.42	24	0.02	0.20	36	-0.01	-0.08	48	0.03	0.26			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.15 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม

การกำหนดรูปแบบ SARIMA(P,D,Q)_L ให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จากรูปที่ 4.14 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม cut off หลัง lag ที่ 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 4.15) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม คือ SARIMA (0,1,1)₁₂ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.16 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.16 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
SMA 12	0.8093	0.1119	7.23	0.000
Constant	60.93	10.53	5.78	0.000
Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12				
Number of observations: Original series 93, after differencing 81				
Residuals: SS = 7952321 (backforecasts excluded)				
MS = 100662 df = 79				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.16 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 60.93$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.8093$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้นควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.16 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 5.78$ (p-value= 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.16 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 7.23$ (p-value= 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.17 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	20.3	32.4	38.5	47.7
df	10	22	34	46
p - value	0.057	0.071	0.275	0.404

จากตารางที่ 4.17 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.17 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,10} = 20.3$ (p-value= 0.057) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.17 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05, 22} = 32.4$ (p-value= 0.071) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.17 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05, 34} = 38.5$ (p-value= 0.275) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.17 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05, 46} = 47.7$ (p-value= 0.404) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.16 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้มรายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + Y_{t-12} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 60.93 - 0.8093e_{t-12+l} + Y_{t-12+l}$$

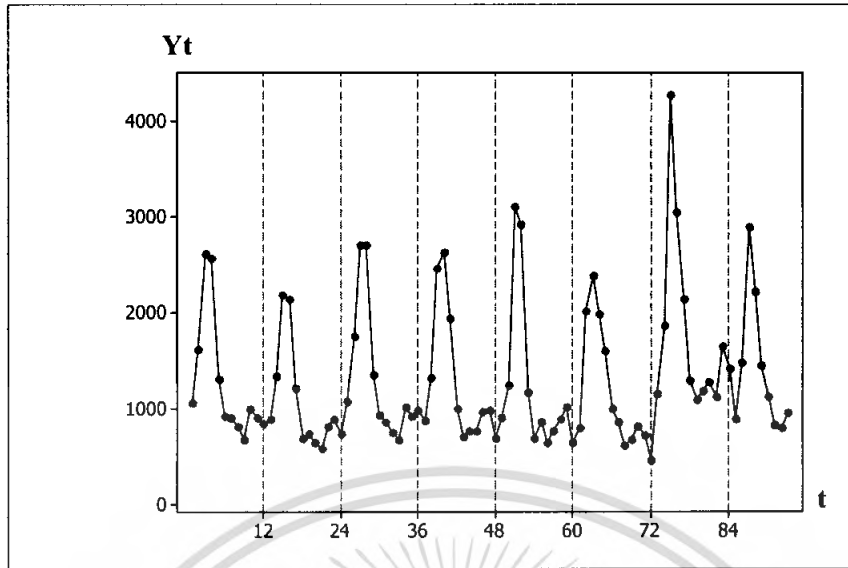
สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้มตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้มตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (โหล)
ต.ค. 2550	1,587.10
พ.ย. 2550	1,687.06
ธ.ค. 2550	1,368.15
ม.ค. 2551	1,653.47
ก.พ.2551	2,653.59
มี.ค.2551	4,665.11
เม.ย.2551	4,020.43
พ.ค.2551	2,588.51
มิ.ย.2551	1,734.27
ก.ค.2551	1,536.07
ส.ค. 2551	1,417.3
ก.ย.2551	1,495.27

4.1.4 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ $\{Y_t\}$ มีจำนวน 93 เดือน (มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.16 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสตชันนารี



รูปที่ 4.16 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาขยายผลผลิตกัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกัณฑ์มะลิ

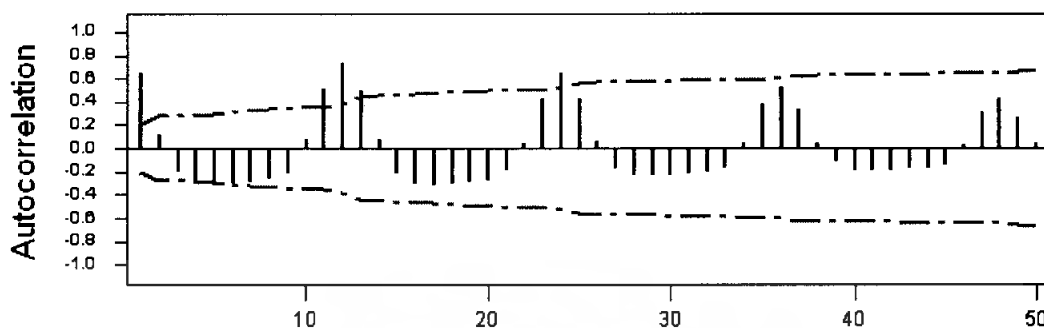
จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.17 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.19 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาขยายผลผลิตกัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกัณฑ์มะลิ

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.64	6.16	39.17	13	0.50	2.29	207.39	25	0.42	1.51	370.26	37	0.34	1.08	498.02	49	0.27	0.81	602.49
2	0.11	0.81	40.42	14	0.07	0.30	207.91	26	0.08	0.22	370.80	38	0.05	0.15	498.40	50	0.04	0.11	602.78
3	-0.20	-1.43	44.40	15	-0.22	-0.94	213.32	27	-0.18	-0.62	374.68	39	-0.12	-0.39	500.93				
4	-0.29	-2.03	52.83	16	-0.31	-1.33	224.36	28	-0.23	-0.80	382.11	40	-0.10	-0.59	508.82				
5	-0.31	-2.09	62.88	17	-0.32	-1.38	236.54	29	-0.23	-0.80	389.58	41	-0.10	-0.60	512.96				
6	-0.30	-1.92	71.88	18	-0.30	-1.24	247.29	30	-0.24	-0.83	397.71	42	-0.10	-0.58	518.93				
7	-0.29	-1.78	80.49	19	-0.29	-1.18	257.35	31	-0.22	-0.76	404.84	43	-0.17	-0.54	524.25				
8	-0.27	-1.60	87.99	20	-0.28	-1.10	268.51	32	-0.21	-0.70	410.98	44	-0.18	-0.58	530.09				
9	-0.21	-1.23	92.77	21	-0.19	-0.78	271.08	33	-0.17	-0.58	415.40	46	-0.14	-0.43	533.71				
10	0.08	0.44	93.41	22	0.04	0.17	271.33	34	0.04	0.13	415.81	48	0.03	0.09	533.88				
11	0.51	2.88	121.09	23	0.43	1.89	294.89	35	0.38	1.26	437.03	47	0.31	0.96	552.42				
12	0.73	3.83	179.48	24	0.64	2.43	347.04	36	0.53	1.74	480.17	48	0.42	1.30	587.74				

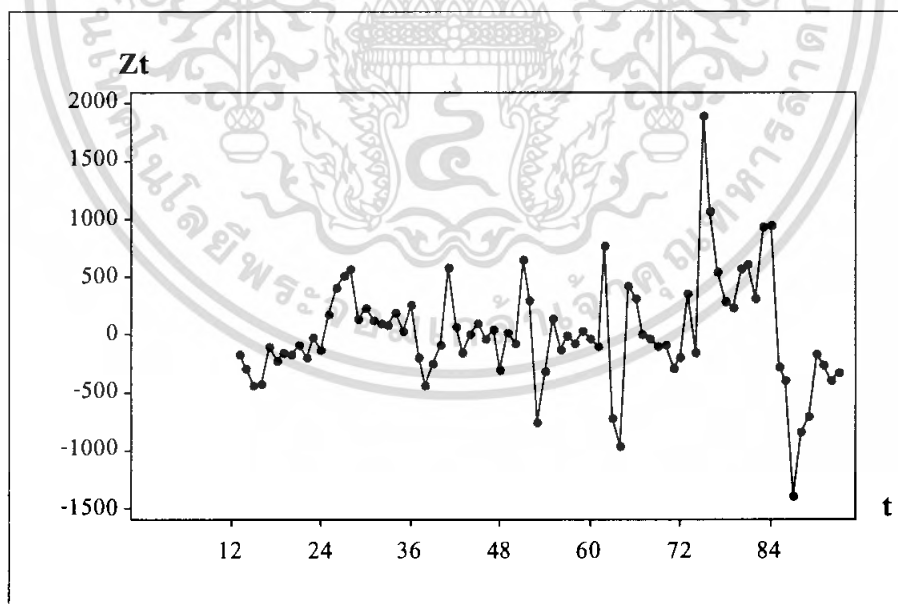
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.17 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาของดัชนีผลผลิตกัญชาพื้นบ้านเชียงใหม่

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน โดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.18 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว



รูปที่ 4.18 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.46	4.12	17.59	13	-0.25	-1.43	69.43	25	0.04	0.25	78.10	37	-0.09	-0.50	86.98	49	0.18	0.98	102.92
2	0.20	1.54	21.11	14	-0.12	-0.88	70.88	26	0.01	0.04	78.10	38	-0.08	-0.30	87.43	50	0.14	0.74	107.26
3	0.12	0.91	22.43	15	0.01	0.04	70.88	27	-0.12	-0.89	80.04	39	0.09	0.48	88.89				
4	0.04	0.30	22.58	16	-0.03	-0.15	70.95	28	-0.04	-0.22	80.25	40	0.04	0.21	88.95				
5	0.08	0.43	22.89	17	-0.08	-0.47	71.89	29	0.02	0.11	80.30	41	0.01	0.04	88.98				
6	0.02	0.13	22.92	18	0.01	0.04	71.99	30	-0.05	-0.25	80.58	42	0.02	0.09	89.01				
7	0.01	0.09	22.93	19	-0.05	-0.30	71.99	31	-0.01	-0.08	80.59	43	0.02	0.11	89.09				
8	0.03	0.23	23.02	20	-0.11	-0.84	73.40	32	0.07	0.39	81.28	44	-0.01	-0.05	89.11				
9	-0.11	-0.80	24.16	21	0.00	0.02	73.40	33	0.05	0.29	81.88	45	0.01	0.07	89.14				
10	-0.08	-0.48	24.56	22	-0.09	-0.51	74.34	34	0.13	0.70	84.08	46	-0.03	-0.18	89.35				
11	-0.23	-1.85	29.64	23	-0.00	-0.02	74.35	35	0.01	0.07	84.08	47	0.08	0.45	90.72				
12	-0.58	-4.09	83.48	24	0.17	0.98	77.88	36	-0.10	-0.55	85.63	48	0.18	0.87	96.10				

Autocorrelation Function for Z_t

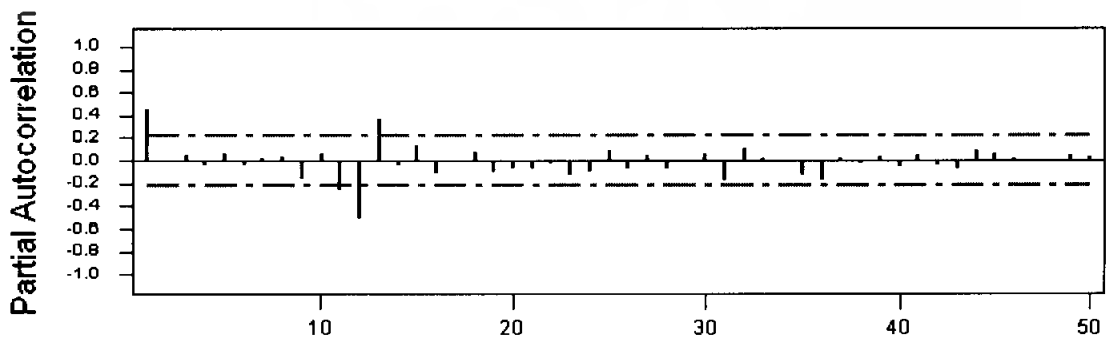


รูปที่ 4.19 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ

ตารางที่ 4.21 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.46	4.12	13	0.30	3.28	25	0.09	0.84	37	0.02	0.19	49	0.04	0.36
2	-0.01	-0.07	14	-0.05	-0.45	26	-0.08	-0.72	38	-0.04	-0.32	50	0.03	0.27
3	0.04	0.38	15	0.13	1.14	27	0.04	0.35	39	0.03	0.28			
4	-0.04	-0.33	16	-0.11	-1.03	28	-0.07	-0.65	40	-0.08	-0.55			
5	0.06	0.55	17	-0.01	-0.11	29	-0.02	-0.17	41	0.04	0.34			
6	-0.04	-0.35	18	0.08	0.72	30	0.08	0.58	42	-0.04	-0.34			
7	0.02	0.15	19	-0.10	-0.94	31	-0.18	-1.61	43	-0.07	-0.54			
8	0.02	0.21	20	-0.07	-0.55	32	0.10	0.91	44	0.09	0.82			
9	-0.17	-1.51	21	-0.07	-0.56	33	0.01	0.08	45	0.08	0.53			
10	0.08	0.50	22	-0.03	-0.29	34	-0.02	-0.18	46	0.01	0.10			
11	-0.27	-2.40	23	-0.13	-1.18	35	-0.14	-1.24	47	-0.01	-0.07			
12	-0.52	-4.68	24	-0.10	-0.94	36	-0.18	-1.58	48	-0.02	-0.19			

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.20 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดรูปแบบ ARIMA(p,d,q) \times SARIMA(P,D,Q)_L ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จากรูปที่ 4.19 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ cut off หลัง lag ที่ 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่า cut off หลัง lag ที่ 1 (รูปที่ 4.20) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ คือ ARIMA(1,0,0) \times SARIMA(0,1,1)₁₂ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.22 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.22 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0.4199	0.1028	4.08	0.000
SMA 12	0.7821	0.1261	6.20	0.000
Constant	23.369	9.672	2.42	0.018
Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12				
Number of observations: Original series 93, after differencing 81				
Residuals: SS = 6857453 (backforecasts excluded)				
MS = 87916 df = 78				

จากตารางที่ 4.22 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 23.369$, $\hat{\phi}_1 = 0.4199$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.7821$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้น ควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.22 พบว่ามีค่าสถิติ t = 2.42 (p-value = 0.018) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \phi_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.22 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 4.08$ (p-value= 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$

จึงสรุปได้ว่า ϕ_1 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ ϕ_1 อยู่ในตัวแบบ

$$3. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.22 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 6.20$ (p-value= 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$

จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ ARIMA(1,0,0)×SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ ARIMA(1,0,0)×SARIMA(0,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.23 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15.3	25.4	31.2	37.0
df	9	21	33	45
p - value	0.084	0.229	0.555	0.796

จากตารางที่ 4.23 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.23 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,9} = 15.3$ (p-value= 0.084) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.23 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,21} = 25.4$ (p-value= 0.229) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.23 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,33} = 31.2$ (p-value = 0.555) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.23 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,45} = 37.0$ (p-value = 0.796) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

จากตารางที่ 4.23 แสดงการทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ ARIMA(1,0,0) × SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.22 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิรายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + \phi_1 Y_{t-1} + Y_{t-12} - \phi_1 Y_{t-13} - \theta_{12} \varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + Y_{t-12} - \phi_1 Y_{t-13} - \theta_{12} \varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 23.369 + 0.4199 Y_{t-1+l} + Y_{t-12+l} - 0.4199 Y_{t-13+l} - 0.7821 \varepsilon_{t-12+l}$$

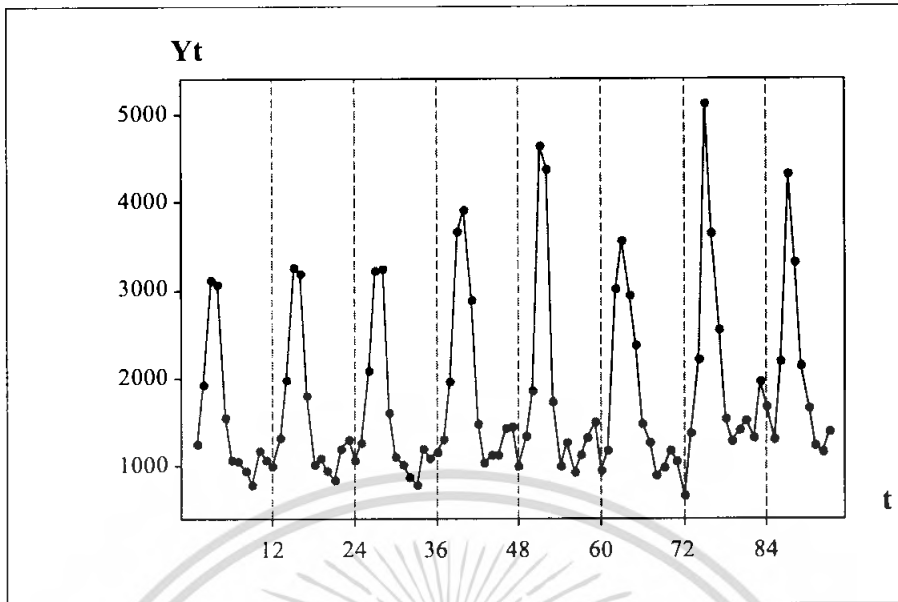
สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.24

ตารางที่ 4.24 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลาขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (โหล)
ต.ค. 2550	1,060.59
พ.ย. 2550	1,172.59
ธ.ค. 2550	9,65.96
ม.ค. 2551	1,090.85
ก.พ.2551	1,745.58
มี.ค.2551	3,136.41
เม.ย.2551	2,670.87
พ.ค.2551	1,722.07
มิ.ย.2551	1,149.88
ก.ค.2551	1,014.36
ส.ค. 2551	944.86
ก.ย.2551	998.41

4.1.5 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด $\{Y_t\}$ มีจำนวน 93 เดือน (มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.21 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี



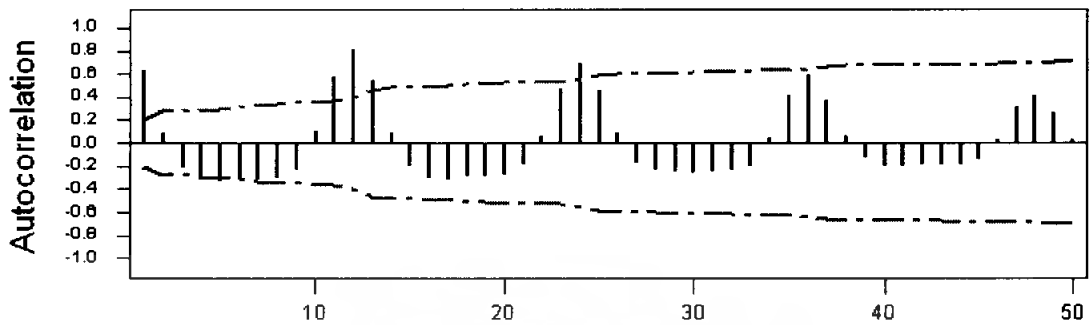
รูปที่ 4.21 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด

จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.25 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด

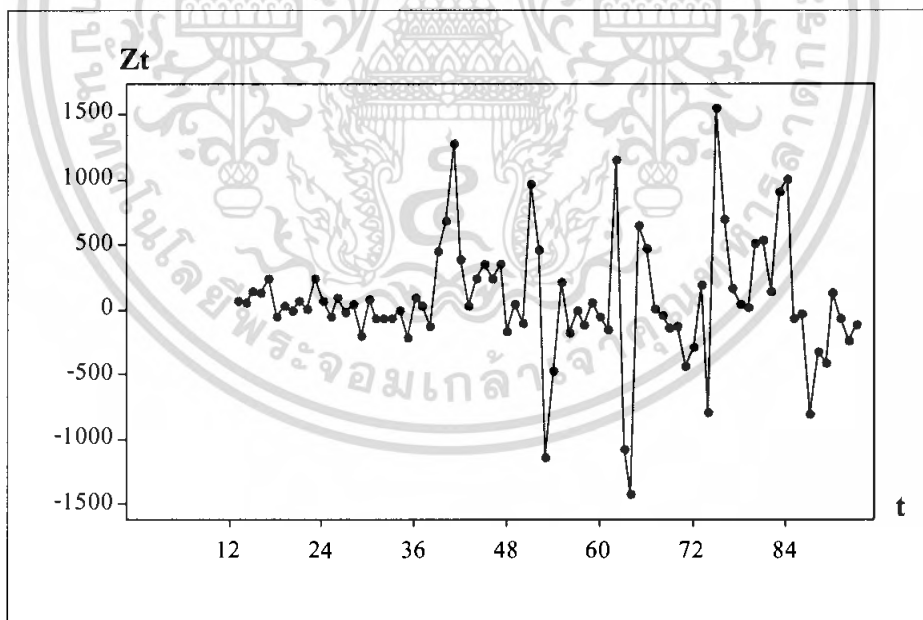
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.04	0.13	39.75	13	0.55	2.38	241.08	25	0.46	1.57	419.92	37	0.37	1.11	574.10
2	0.09	0.68	39.82	14	0.09	0.36	241.97	26	0.08	0.27	420.79	38	0.06	0.18	574.87
3	-0.22	-1.59	44.51	15	-0.21	-0.86	246.97	27	-0.18	-0.59	425.04	39	-0.13	-0.40	577.83
4	-0.32	-2.19	54.41	16	-0.30	-1.23	257.59	28	-0.24	-0.79	432.78	40	-0.20	-0.60	584.54
5	-0.34	-2.24	65.96	17	-0.32	-1.28	269.30	29	-0.25	-0.82	441.49	41	-0.20	-0.60	591.55
6	-0.33	-2.06	76.78	18	-0.30	-1.16	279.74	30	-0.27	-0.86	451.34	42	-0.20	-0.57	598.16
7	-0.32	-1.92	87.22	19	-0.30	-1.14	290.17	31	-0.25	-0.82	460.59	43	-0.18	-0.54	604.15
8	-0.30	-1.75	96.67	20	-0.28	-1.07	299.86	32	-0.24	-0.77	468.99	44	-0.19	-0.56	610.66
9	-0.23	-1.28	102.14	21	-0.20	-0.74	304.61	33	-0.20	-0.83	474.79	45	-0.15	-0.43	614.70
10	0.11	0.59	103.35	22	0.06	0.22	305.06	34	0.04	0.12	474.99	46	0.03	0.09	614.89
11	0.57	3.13	139.19	23	0.47	1.74	332.54	35	0.41	1.30	500.55	47	0.31	0.90	633.23
12	0.80	4.00	207.94	24	0.68	2.47	392.27	36	0.56	1.80	552.64	48	0.41	1.19	667.01

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.22 คอเรลโตแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับประรด

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อนโดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาจะมีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.23 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว



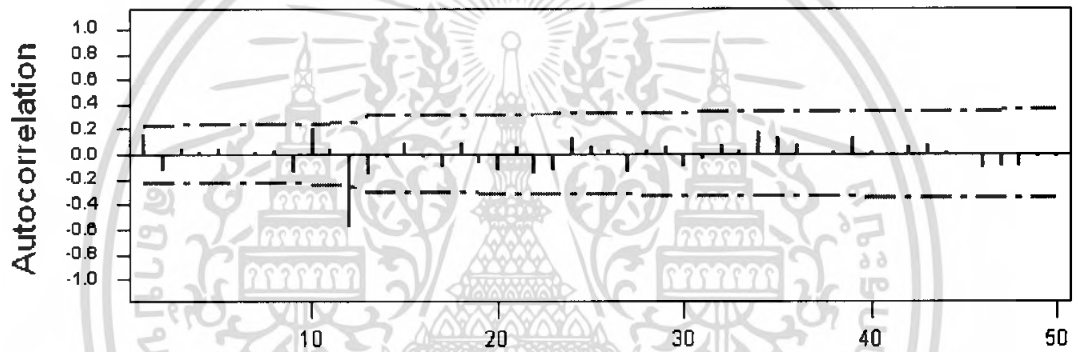
รูปที่ 4.23 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลั่นสับปะรด

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.16	1.43	2.11	13	-0.16	-1.03	46.31	25	0.05	0.33	58.53	37	0.00	0.01	71.90	49	-0.03	-0.19	83.98
2	-0.13	-1.16	3.59	14	-0.02	-0.14	46.36	26	0.03	0.16	58.62	38	0.02	0.12	71.97	50	-0.03	-0.16	84.15
3	0.04	0.38	3.76	15	0.09	0.57	46.15	27	-0.15	-0.92	61.43	39	0.14	0.80	74.98				
4	0.02	0.16	3.79	16	-0.03	-0.19	46.24	28	0.02	0.14	61.50	40	0.01	0.08	75.02				
5	0.05	0.39	3.67	17	-0.10	-0.64	47.30	29	0.07	0.40	62.06	41	-0.01	-0.04	75.02				
6	-0.02	-0.18	4.01	18	0.08	0.54	48.05	30	-0.10	-0.57	63.26	42	0.05	0.31	75.51				
7	0.02	0.14	4.03	19	-0.07	-0.43	48.54	31	-0.04	-0.25	63.50	43	0.07	0.42	76.43				
8	0.03	0.22	4.09	20	-0.14	-0.88	50.66	32	0.07	0.41	64.13	44	0.01	0.08	76.47				
9	-0.14	-1.24	6.03	21	0.07	0.41	51.14	33	0.03	0.18	64.26	45	-0.00	-0.01	76.47				
10	0.20	1.69	6.84	22	-0.17	-1.05	54.31	34	0.17	1.02	66.44	46	-0.12	-0.69	79.21				
11	0.04	0.31	6.98	23	-0.13	-0.81	56.29	35	0.13	0.79	71.05	47	-0.10	-0.60	81.36				
12	-0.58	-4.73	42.87	24	0.13	0.78	58.18	36	0.08	0.44	71.90	48	-0.11	-0.62	83.74				

Autocorrelation Function for Z_t



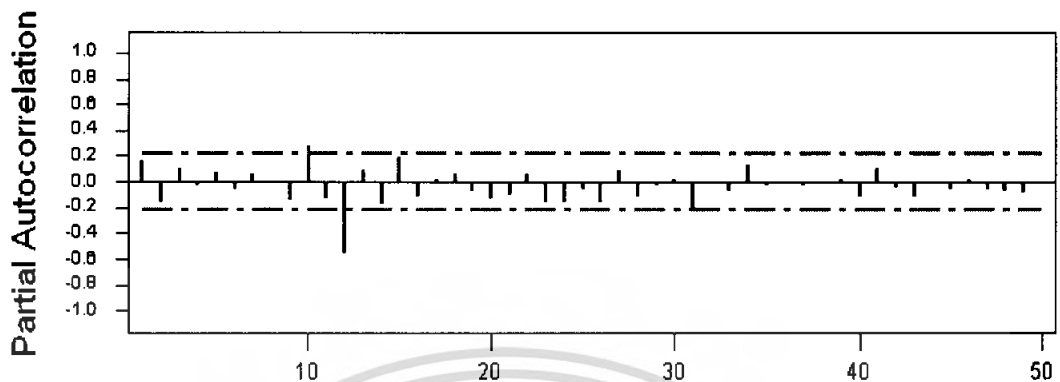
รูปที่ 4.24 กราฟของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลั่นสับปะรด

ตารางที่ 4.27 แสดงค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลั่นสับปะรด

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.16	1.43	13	0.09	0.85	25	-0.09	-0.56	37	-0.03	-0.26	49	-0.09	-0.78
2	-0.16	-1.45	14	-0.17	-1.54	26	-0.16	-1.43	38	-0.01	-0.07	50	-0.01	-0.07
3	0.10	0.89	15	0.20	1.78	27	0.09	0.63	39	0.01	0.12			
4	-0.03	-0.28	16	-0.12	-1.10	28	-0.12	-1.08	40	-0.11	-1.02			
5	0.07	0.66	17	0.02	0.17	29	-0.03	-0.28	41	0.10	0.91			
6	-0.05	-0.48	18	0.05	0.48	30	0.02	0.16	42	-0.04	-0.38			
7	0.05	0.47	19	-0.08	-0.68	31	-0.24	-2.16	43	-0.11	-1.00			
8	-0.01	-0.08	20	-0.13	-1.20	32	-0.02	-0.14	44	-0.01	-0.12			
9	-0.14	-1.27	21	-0.11	-0.95	33	-0.08	-0.70	45	-0.06	-0.55			
10	0.28	2.51	22	0.06	0.54	34	0.14	1.23	46	0.02	0.16			
11	-0.14	-1.22	23	-0.16	-1.43	35	-0.02	-0.22	47	-0.05	-0.49			
12	-0.58	-5.00	24	-0.16	-1.48	36	-0.01	-0.08	48	-0.06	-0.68			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.25 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้น กลิ่นสับปะรด

การกำหนดรูปแบบ SARIMA(P,D,Q)_L ให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จากรูปที่ 4.24 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด cut off หลัง lag ที่ 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 4.25) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด คือ SARIMA(0,1,1)₁₂ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.28 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.28 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
SMA 12	0.8008	0.1120	7.15	0.000
Constant	74.25	11.54	6.43	0.000
Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12				
Number of observations: Original series 93, after differencing 81				
Residuals: SS = 9191881 (backforecasts excluded)				
MS = 116353 df = 79				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.28 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 74.25$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.8008$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้นควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.28 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 6.43$ (p-value = 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.28 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 7.15$ (p-value = 0.000) จะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้นจึงสรุปได้ว่ารูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.29 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15.1	26.0	32.7	44.9
df	10	22	34	46
p - value	0.128	0.250	0.529	0.517

จากตารางที่ 4.29 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.29 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,10} = 15.1$ (p-value= 0.128) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.29 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,22} = 26.0$ (p-value= 0.250) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.29 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,34} = 32.7$ (p-value= 0.529) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.29 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,46} = 44.9$ (p-value= 0.517) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.28 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นก้นสัปดาห์รายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + Y_{t-12} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 74.25 - 0.8008e_{t-12+l} + Y_{t-12+l}$$

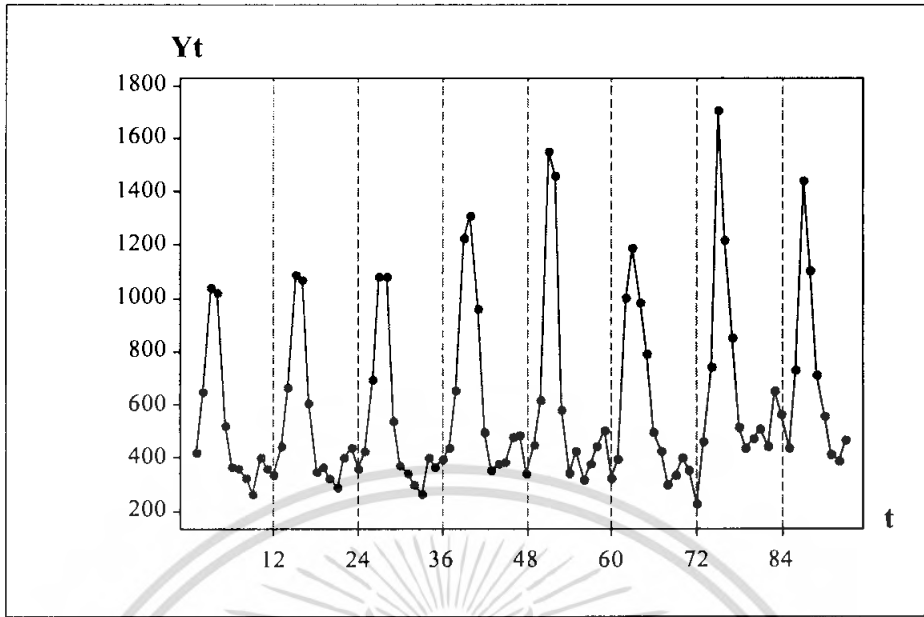
สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นก้นสัปดาห์ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (บาท)
ต.ค. 2550	1,523.79
พ.ย. 2550	1,637.07
ธ.ค. 2550	1,335.89
ม.ค. 2551	1,577.19
ก.พ.2551	2,480.43
มี.ค.2551	4,364.21
เม.ย.2551	3,760.41
พ.ค.2551	2,444.86
มิ.ย.2551	1,652.82
ก.ค.2551	1,470.99
ส.ค. 2551	1,367.52
ก.ย.2551	1,443.63

4.1.6 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ $\{Y_t\}$ มีจำนวน 93 เดือน (มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.26 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี



รูปที่ 4.26 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

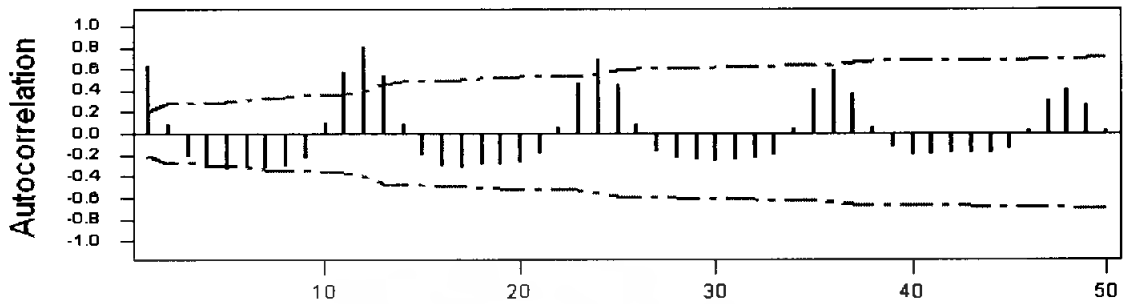
จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.31 และรูปที่ 4.27 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.31 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.04	0.13	38.75	13	0.55	2.36	241.09	25	0.40	1.57	410.04	37	0.37	1.11	574.12
2	0.09	0.08	39.01	14	0.09	0.30	241.97	26	0.08	0.27	420.81	38	0.08	0.18	574.09
3	-0.22	-1.59	44.51	15	-0.21	-0.86	246.98	27	-0.16	-0.59	425.05	39	-0.13	-0.40	577.64
4	-0.32	-2.20	54.41	16	-0.30	-1.23	257.00	28	-0.24	-0.79	432.79	40	-0.20	-0.80	584.56
5	-0.34	-2.24	65.87	17	-0.32	-1.26	269.30	29	-0.25	-0.82	441.49	41	-0.20	-0.80	591.56
6	-0.33	-2.00	76.79	18	-0.30	-1.16	279.74	30	-0.26	-0.86	461.33	42	-0.20	-0.57	598.17
7	-0.32	-1.92	87.23	19	-0.30	-1.14	290.18	31	-0.25	-0.82	460.59	43	-0.18	-0.54	604.16
8	-0.30	-1.75	96.68	20	-0.28	-1.07	299.87	32	-0.24	-0.77	468.99	44	-0.16	-0.56	610.88
9	-0.23	-1.28	102.15	21	-0.20	-0.74	304.82	33	-0.20	-0.63	474.79	45	-0.15	-0.43	614.72
10	0.11	0.59	103.38	22	0.08	0.22	305.07	34	0.04	0.12	475.00	46	0.03	0.09	614.91
11	0.57	3.13	138.19	23	0.47	1.74	332.56	35	0.41	1.30	500.56	47	0.31	0.90	633.25
12	0.80	4.00	207.94	24	0.68	2.47	392.29	36	0.58	1.80	552.87	48	0.41	1.19	667.03

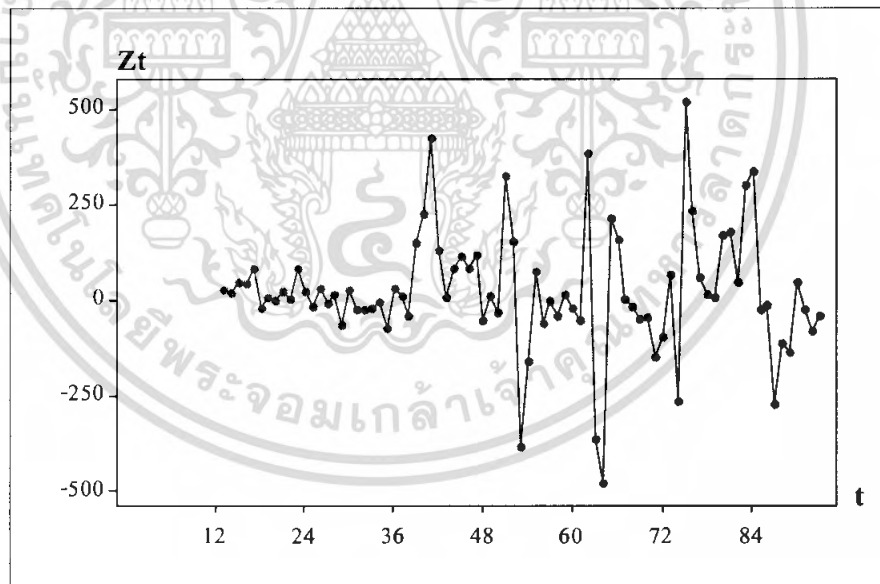
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.27 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อนโดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาจะมีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.28 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว



รูปที่ 4.28 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.32 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.16	1.42	2.10	13	-0.16	-1.02	46.32	25	0.05	0.33	58.55	37	0.00	0.01	71.92	49	-0.03	-0.19	84.00
2	-0.13	-1.16	3.59	14	-0.02	-0.14	46.37	26	0.03	0.16	58.64	38	0.02	0.12	71.99	50	-0.03	-0.16	84.17
3	0.04	0.38	3.78	15	0.09	0.57	46.16	27	-0.15	-0.91	61.44	39	0.14	0.80	75.01				
4	0.02	0.16	3.78	16	-0.03	-0.19	46.25	28	0.02	0.14	61.51	40	0.01	0.08	75.04				
5	0.05	0.39	3.97	17	-0.10	-0.64	47.31	29	0.07	0.40	62.08	41	-0.01	-0.04	75.05				
6	-0.02	-0.19	4.01	18	0.08	0.54	48.06	30	-0.10	-0.57	63.28	42	0.05	0.31	75.53				
7	0.02	0.14	4.03	19	-0.07	-0.43	48.55	31	-0.04	-0.25	63.52	43	0.07	0.42	76.46				
8	0.03	0.22	4.09	20	-0.14	-0.88	50.68	32	0.07	0.41	64.15	44	0.01	0.08	76.48				
9	-0.14	-1.24	6.03	21	0.07	0.41	51.16	33	0.03	0.18	64.28	45	-0.00	-0.01	76.48				
10	0.20	1.89	9.84	22	-0.17	-1.05	54.34	34	0.17	1.02	68.47	46	-0.12	-0.69	79.23				
11	0.04	0.31	9.98	23	-0.13	-0.81	56.30	35	0.13	0.78	71.08	47	-0.10	-0.60	81.37				
12	-0.58	-4.73	42.91	24	0.13	0.78	58.20	36	0.08	0.44	71.92	48	-0.11	-0.62	83.76				

Autocorrelation Function for Z_t

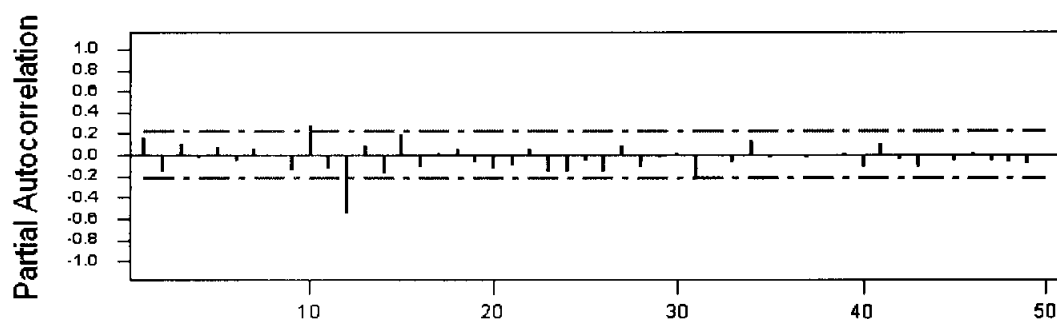


รูปที่ 4.29 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

ตารางที่ 4.33 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.16	1.42	13	0.10	0.86	25	-0.06	-0.55	37	-0.03	-0.26	49	-0.09	-0.78
2	-0.10	-1.46	14	-0.17	-1.54	26	-0.16	-1.43	38	-0.01	-0.07	50	-0.01	-0.07
3	0.10	0.89	15	0.20	1.77	27	0.09	0.82	39	0.01	0.12			
4	-0.03	-0.29	16	-0.12	-1.10	28	-0.12	-1.07	40	-0.11	-1.02			
5	0.07	0.66	17	0.02	0.17	29	-0.03	-0.26	41	0.10	0.90			
6	-0.05	-0.48	18	0.05	0.48	30	0.02	0.16	42	-0.04	-0.38			
7	0.05	0.47	19	-0.07	-0.67	31	-0.24	-2.16	43	-0.11	-1.01			
8	-0.01	-0.08	20	-0.13	-1.20	32	-0.01	-0.13	44	-0.01	-0.12			
9	-0.14	-1.27	21	-0.11	-0.96	33	-0.08	-0.71	45	-0.06	-0.55			
10	0.28	2.51	22	0.06	0.54	34	0.14	1.23	46	0.02	0.18			
11	-0.14	-1.22	23	-0.16	-1.49	35	-0.02	-0.22	47	-0.05	-0.49			
12	-0.58	-5.00	24	-0.17	-1.49	36	-0.01	-0.08	48	-0.08	-0.68			

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.30 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดรูปแบบ SARIMA(P,D,Q)_L ให้กับอนุกรมเวลา {Z_t} จากรูปที่ 4.29 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ cut off หลัง lag ที่ 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 4.30) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ คือ SARIMA (0,1,1)₁₂ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.34 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.34 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
SMA 12	0.8008	0.1120	7.15	0.000
Constant	24.743	3.847	6.43	0.000
Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12				
Number of observations: Original series 93, after differencing 81				
Residuals: SS = 1021470 (backforecasts excluded)				
MS = 12930 df = 79				

จากตารางที่ 4.34 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 24.743$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.8008$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้นควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.34 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 6.43$ (p-value = 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.34 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 7.15$ (p-value = 0.000) จะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากนั้นจึงทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.35 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15.1	26.0	32.7	44.9
df	10	22	34	46
p – value	0.127	0.251	0.530	0.517

จากตารางที่ 4.35 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

1. $H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$
 $H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0$ สำหรับ k บางค่า เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 12$

จากตารางที่ 4.35 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,10} = 15.1$ (p-value = 0.127) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

2. $H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$
 $H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0$ สำหรับ k บางค่า เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 24$

จากตารางที่ 4.35 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,22} = 26.0$ (p-value = 0.251) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

3. $H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$
 $H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0$ สำหรับ k บางค่า เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 36$

จากตารางที่ 4.35 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,34} = 32.7$ (p-value = 0.530) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

4. $H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$
 $H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0$ สำหรับ k บางค่า เมื่อ $k = 1, 2, \dots, 48$

จากตารางที่ 4.35 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,46} = 44.9$ (p-value = 0.517) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.34 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟรายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + Y_{t-12} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 24.743 - 0.8008\varepsilon_{t-12+l} + Y_{t-12+l}$$

สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.36

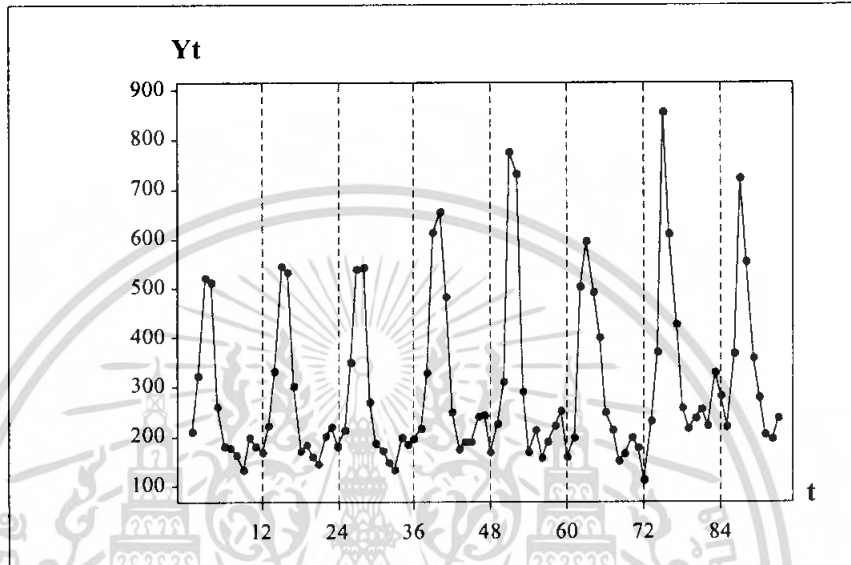
ตารางที่ 4.36 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (บาท)
ต.ค. 2550	507.96
พ.ย. 2550	545.41
ธ.ค. 2550	445.32
ม.ค. 2551	525.60
ก.พ.2551	826.82
มี.ค.2551	1,454.72
เม.ย.2551	1,253.55
พ.ค.2551	814.87
มิ.ย.2551	550.81
ก.ค.2551	490.35
ส.ค. 2551	455.78
ก.ย.2551	481.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย $\{Y_t\}$ มีจำนวน 93 เดือน (มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.31 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี



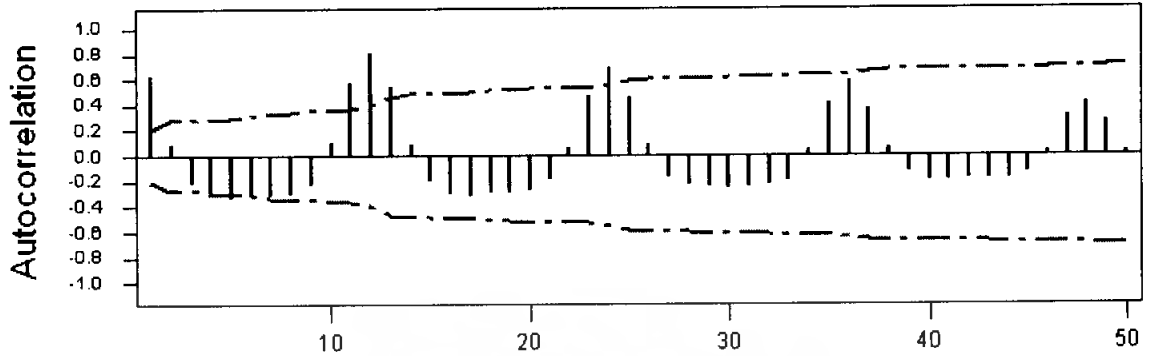
รูปที่ 4.31 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย

จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.37 และรูปที่ 4.32 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.37 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย

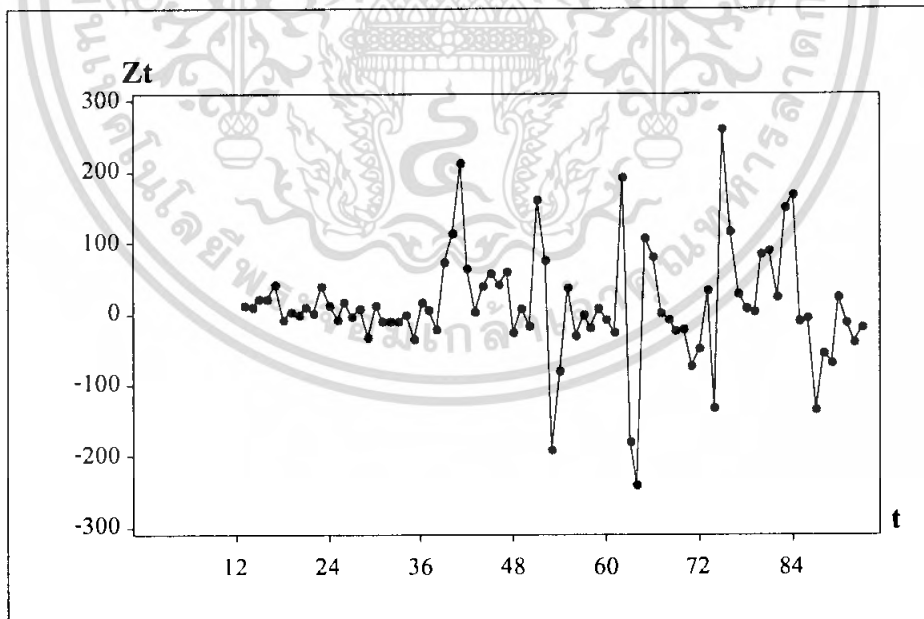
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.84	8.13	38.78	13	0.55	2.38	241.18	25	0.46	1.57	420.08	37	0.37	1.11	574.27	49	0.26	0.73	680.71
2	0.09	0.68	39.83	14	0.09	0.38	242.04	26	0.08	0.27	420.94	38	0.06	0.18	574.84	50	0.02	0.07	680.83
3	-0.22	-1.59	44.52	15	-0.21	-0.88	247.08	27	-0.18	-0.59	425.19	39	-0.13	-0.40	577.80				
4	-0.32	-2.20	54.44	16	-0.30	-1.23	257.70	28	-0.24	-0.79	432.94	40	-0.20	-0.80	584.74				
5	-0.34	-2.24	65.91	17	-0.32	-1.28	269.40	29	-0.25	-0.82	441.84	41	-0.20	-0.80	591.77				
6	-0.33	-2.08	76.84	18	-0.30	-1.18	279.84	30	-0.26	-0.88	451.49	42	-0.20	-0.57	598.37				
7	-0.32	-1.92	87.28	19	-0.30	-1.14	290.27	31	-0.25	-0.82	460.74	43	-0.19	-0.54	604.36				
8	-0.30	-1.75	98.74	20	-0.28	-1.07	299.97	32	-0.24	-0.77	469.14	44	-0.19	-0.55	610.87				
9	-0.23	-1.28	102.20	21	-0.20	-0.74	304.72	33	-0.20	-0.63	474.93	45	-0.15	-0.43	614.89				
10	0.11	0.59	103.42	22	0.00	0.23	305.17	34	0.04	0.12	475.14	46	0.03	0.09	615.08				
11	0.57	3.13	138.28	23	0.47	1.74	332.89	35	0.41	1.30	500.75	47	0.31	0.90	633.44				
12	0.80	3.99	208.01	24	0.88	2.47	392.43	36	0.58	1.80	552.84	48	0.41	1.19	667.24				

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.32 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน โดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาจะมีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.33 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว



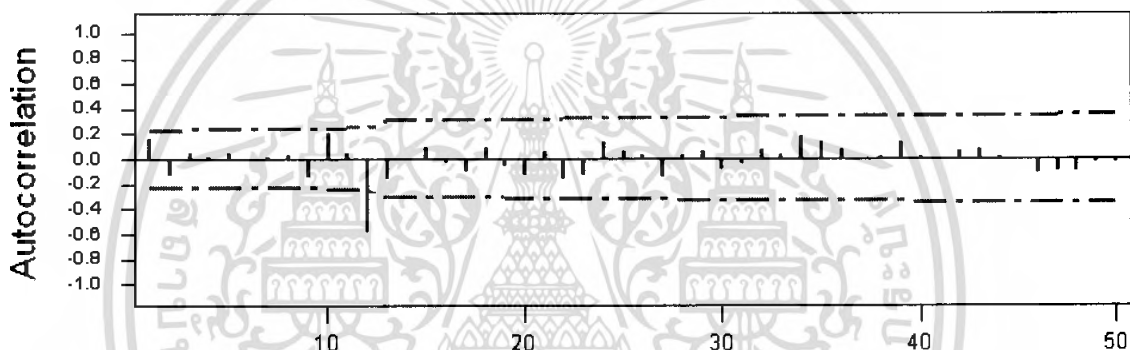
รูปที่ 4.33 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.38 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย

Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.18	1.42	2.10	13	-0.18	-1.02	46.38	25	0.05	0.34	56.80	37	0.00	0.00	72.02	49	-0.03	-0.19	84.09
2	-0.13	-1.17	3.80	14	-0.02	-0.14	46.43	26	0.02	0.15	56.88	38	0.02	0.13	72.09	50	-0.03	-0.18	84.27
3	0.04	0.38	3.77	15	0.09	0.57	46.22	27	-0.15	-0.92	61.48	39	0.14	0.80	75.12				
4	0.02	0.15	3.79	16	-0.03	-0.18	46.31	28	0.02	0.14	61.56	40	0.01	0.08	75.15				
5	0.04	0.38	3.97	17	-0.10	-0.64	47.34	29	0.07	0.39	62.12	41	-0.01	-0.04	75.18				
6	-0.02	-0.18	4.01	18	0.08	0.54	48.11	30	-0.10	-0.57	63.31	42	0.05	0.30	75.82				
7	0.02	0.14	4.03	19	-0.07	-0.42	48.58	31	-0.04	-0.28	63.58	43	0.07	0.42	76.54				
8	0.03	0.22	4.09	20	-0.14	-0.88	50.88	32	0.07	0.40	64.17	44	0.01	0.09	76.58				
9	-0.14	-1.23	6.01	21	0.08	0.40	51.15	33	0.03	0.18	64.30	45	-0.00	-0.00	76.58				
10	0.20	1.89	8.82	22	-0.17	-1.05	54.33	34	0.17	1.03	68.52	46	-0.12	-0.89	79.34				
11	0.04	0.31	9.98	23	-0.13	-0.81	58.31	35	0.14	0.80	71.18	47	-0.11	-0.81	81.54				
12	-0.58	-4.74	42.98	24	0.13	0.78	58.24	36	0.07	0.44	72.02	48	-0.11	-0.81	83.86				

Autocorrelation Function for Z_t



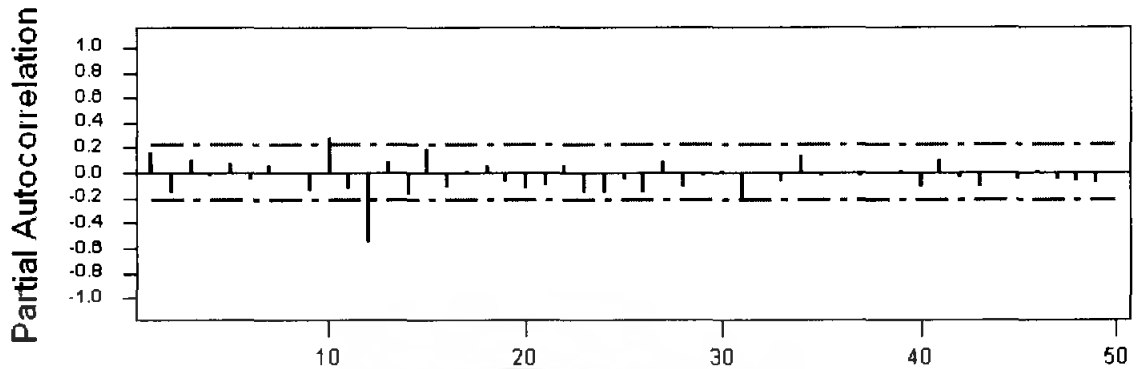
รูปที่ 4.34 กราฟคอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย

ตารางที่ 4.39 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.18	1.42	13	0.09	0.85	25	-0.08	-0.57	37	-0.03	-0.28	49	-0.09	-0.80
2	-0.18	-1.48	14	-0.17	-1.54	26	-0.18	-1.44	38	-0.01	-0.07	50	-0.01	-0.07
3	0.10	0.89	15	0.20	1.78	27	0.09	0.82	39	0.01	0.12			
4	-0.03	-0.28	16	-0.12	-1.11	28	-0.12	-1.08	40	-0.11	-1.03			
5	0.07	0.65	17	0.02	0.18	29	-0.03	-0.28	41	0.10	0.90			
6	-0.05	-0.48	18	0.05	0.48	30	0.02	0.18	42	-0.04	-0.38			
7	0.05	0.47	19	-0.07	-0.66	31	-0.24	-2.16	43	-0.11	-1.00			
8	-0.01	-0.08	20	-0.13	-1.21	32	-0.02	-0.18	44	-0.01	-0.13			
9	-0.14	-1.28	21	-0.11	-0.98	33	-0.08	-0.71	45	-0.08	-0.68			
10	0.28	2.51	22	0.08	0.55	34	0.14	1.23	46	0.02	0.18			
11	-0.14	-1.22	23	-0.18	-1.44	35	-0.02	-0.22	47	-0.05	-0.48			
12	-0.58	-5.00	24	-0.18	-1.48	36	-0.01	-0.08	48	-0.08	-0.68			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.35 คอเรลโตแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย

การกำหนดรูปแบบ SARIMA(P,D,Q)_L ให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จากรูปที่ 4.34 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย cut off หลัง lag ที่ 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 4.35) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย คือ SARIMA (0,1,1)₁₂ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.40 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.40 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
SMA 12	0.8008	0.1120	7.15	0.000
Constant	12.365	1.924	6.43	0.000
Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12				
Number of observations: Original series 93, after differencing 81				
Residuals: SS = 255363 (backforecasts excluded)				
MS = 3232 df = 79				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.40 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 12.365$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.8008$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้นควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.40 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 6.43$ (p-value = 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.40 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 7.15$ (p-value = 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้นจึงสรุปได้ว่ารูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.41 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15.2	26.1	32.9	45.1
df	10	22	34	46
p - value	0.125	0.249	0.523	0.510

จากตารางที่ 4.41 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.41 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05, 10} = 15.2$ (p-value = 0.125) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.41 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,22} = 26.1$ (p-value= 0.249) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.41 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,34} = 32.9$ (p-value= 0.523) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.41 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,46} = 45.1$ (p-value= 0.510) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.40 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบิวรายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + Y_{t-12} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 12.365 - 0.8008e_{t-12+l} + Y_{t-12+l}$$

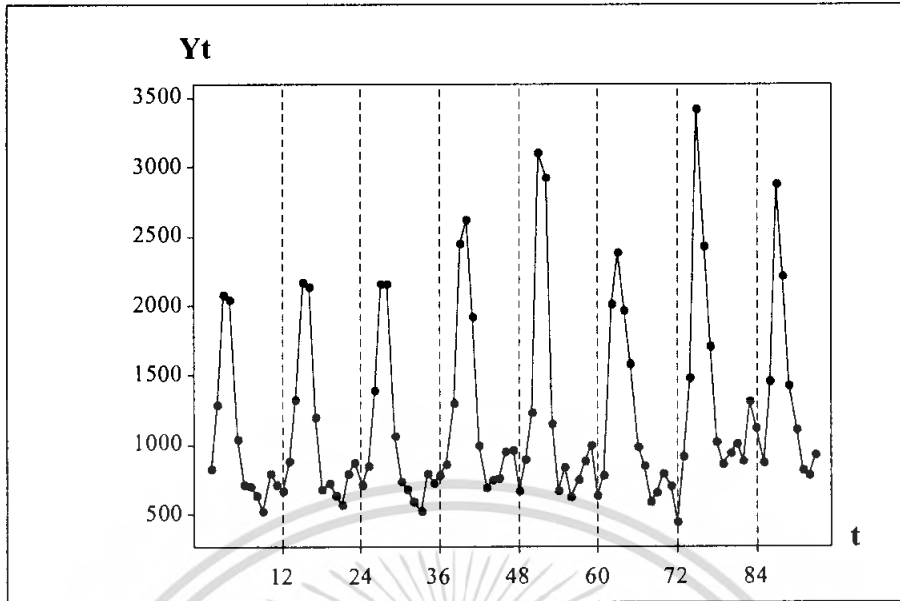
สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบิวรายตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.42

ตารางที่ 4.42 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย ตั้งแต่ เดือน ตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (โหล)
ต.ค. 2550	253.976
พ.ย. 2550	272.804
ธ.ค. 2550	222.811
ม.ค. 2551	262.752
ก.พ.2551	413.448
มี.ค.2551	727.273
เม.ย.2551	626.481
พ.ค.2551	407.565
มิ.ย.2551	275.507
ก.ค.2551	244.945
ส.ค. 2551	227.659
ก.ย.2551	240.639

4.1.8 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่ $\{Y_t\}$ มีจำนวน 93 เดือน(มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.36 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ "ไม่เป็นสเตชันนารี"



รูปที่ 4.36 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่

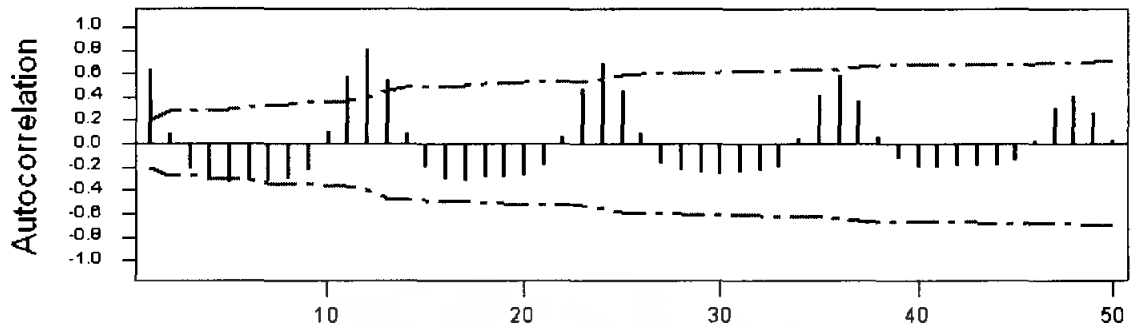
จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.43 และรูปที่ 4.37 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.43 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.84	0.13	38.75	13	0.55	2.30	241.11	25	0.46	1.57	410.00	37	0.37	1.11	574.10	49	0.26	0.73	680.57
2	0.09	0.08	39.82	14	0.09	0.36	242.00	26	0.08	0.27	420.83	38	0.08	0.18	574.73	50	0.02	0.07	680.86
3	-0.22	-1.59	44.51	15	-0.21	-0.86	247.00	27	-0.18	-0.59	425.08	39	-0.13	-0.40	577.89				
4	-0.32	-2.20	54.41	16	-0.30	-1.23	257.83	28	-0.24	-0.79	432.83	40	-0.20	-0.60	584.81				
5	-0.34	-2.24	65.87	17	-0.32	-1.26	269.33	29	-0.25	-0.82	441.53	41	-0.20	-0.60	591.82				
6	-0.33	-2.06	76.79	18	-0.30	-1.16	279.78	30	-0.27	-0.86	451.38	42	-0.20	-0.57	598.22				
7	-0.32	-1.92	87.23	19	-0.30	-1.14	290.21	31	-0.25	-0.82	460.83	43	-0.18	-0.54	604.21				
8	-0.30	-1.75	98.88	20	-0.28	-1.07	299.90	32	-0.24	-0.77	469.03	44	-0.19	-0.56	610.74				
9	-0.23	-1.28	102.16	21	-0.20	-0.74	304.84	33	-0.20	-0.83	474.83	45	-0.15	-0.43	614.78				
10	0.11	0.59	103.37	22	0.09	0.22	305.10	34	0.04	0.12	475.03	46	0.03	0.09	614.97				
11	0.57	3.13	139.22	23	0.47	1.74	332.58	35	0.41	1.30	500.80	47	0.31	0.90	633.30				
12	0.80	4.00	207.98	24	0.68	2.47	392.31	36	0.58	1.80	552.71	48	0.41	1.19	667.09				

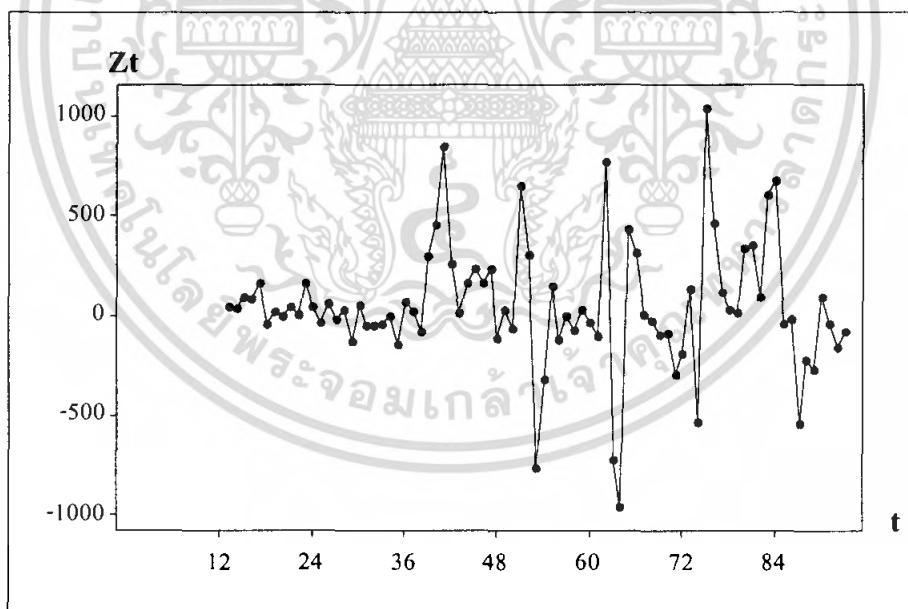
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.37 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลาขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลี้นบลูเบอร์รี่

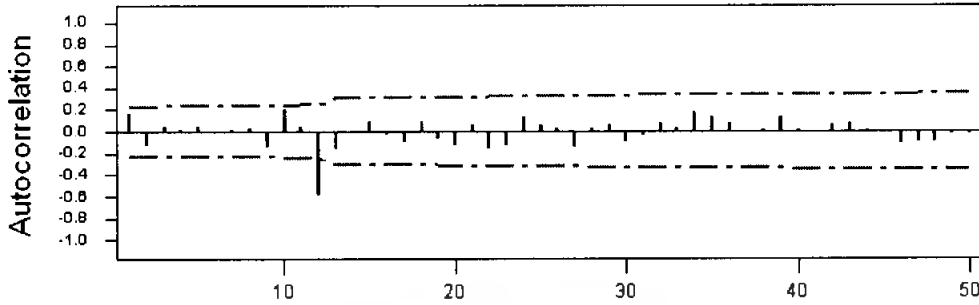
ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสแตชันนารีก่อนโดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาจะมีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.38 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสแตชันนารีแล้ว



รูปที่ 4.38 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Autocorrelation Function for Z_t

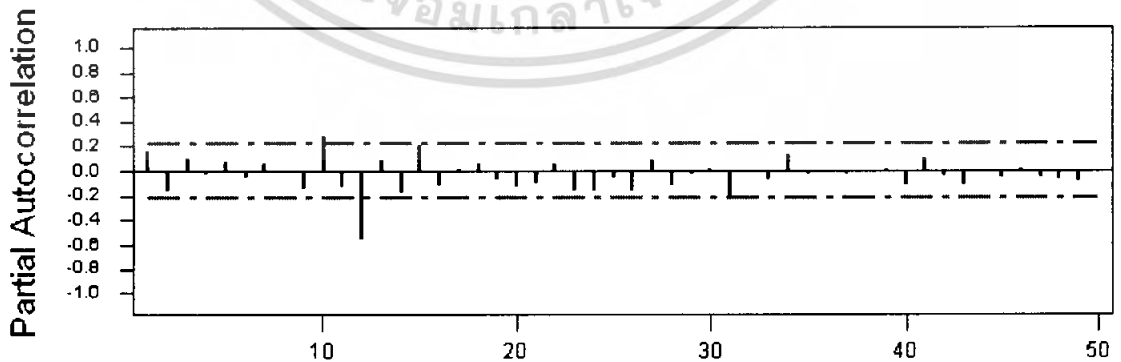


รูปที่ 4.39 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่

ตารางที่ 4.44 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.18	1.42	2.10	13	-0.18	-1.03	46.34	25	0.05	0.33	58.60	37	0.00	0.01	71.97	49	-0.03	-0.20	84.04
2	-0.13	-1.16	3.60	14	-0.02	-0.14	46.39	26	0.03	0.16	58.68	38	0.02	0.12	72.03	50	-0.03	-0.16	84.21
3	0.04	0.38	3.78	15	0.09	0.57	48.20	27	-0.15	-0.92	61.50	39	0.14	0.80	75.05				
4	0.02	0.16	3.79	16	-0.03	-0.19	48.29	28	0.02	0.14	61.57	40	0.01	0.08	75.08				
5	0.05	0.39	3.97	17	-0.10	-0.84	47.34	29	0.07	0.40	62.14	41	-0.01	-0.04	75.09				
6	-0.02	-0.19	4.01	18	0.08	0.54	48.09	30	-0.10	-0.57	63.34	42	0.05	0.31	75.57				
7	0.02	0.14	4.04	19	-0.07	-0.43	48.58	31	-0.04	-0.25	63.58	43	0.07	0.42	76.50				
8	0.02	0.21	4.09	20	-0.14	-0.88	50.72	32	0.07	0.41	64.22	44	0.01	0.08	76.54				
9	-0.14	-1.24	6.04	21	0.07	0.41	51.20	33	0.03	0.18	64.34	45	-0.00	-0.01	76.54				
10	0.20	1.69	9.86	22	-0.17	-1.04	54.36	34	0.17	1.02	69.50	46	-0.12	-0.89	79.26				
11	0.04	0.32	10.00	23	-0.13	-0.81	56.35	35	0.13	0.79	71.11	47	-0.10	-0.80	81.41				
12	-0.58	-4.73	42.91	24	0.13	0.78	58.24	36	0.08	0.44	71.97	48	-0.11	-0.82	83.78				

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.40 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.45 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.18	1.42	13	0.09	0.85	25	-0.08	-0.57	37	-0.03	-0.27	49	-0.09	-0.79
2	-0.18	-1.46	14	-0.17	-1.54	26	-0.18	-1.43	38	-0.01	-0.07	50	-0.01	-0.07
3	0.10	0.89	15	0.20	1.78	27	0.09	0.83	39	0.01	0.11			
4	-0.03	-0.28	16	-0.12	-1.11	28	-0.12	-1.08	40	-0.11	-1.02			
5	0.07	0.66	17	0.02	0.17	29	-0.03	-0.28	41	0.10	0.91			
6	-0.05	-0.48	18	0.05	0.48	30	0.02	0.15	42	-0.04	-0.38			
7	0.05	0.47	19	-0.07	-0.87	31	-0.24	-2.15	43	-0.11	-1.00			
8	-0.01	-0.08	20	-0.13	-1.21	32	-0.02	-0.14	44	-0.01	-0.12			
9	-0.14	-1.27	21	-0.11	-0.95	33	-0.08	-0.71	45	-0.08	-0.55			
10	0.28	2.51	22	0.08	0.55	34	0.14	1.23	46	0.02	0.19			
11	-0.13	-1.21	23	-0.18	-1.43	35	-0.02	-0.22	47	-0.05	-0.49			
12	-0.58	-5.00	24	-0.18	-1.48	36	-0.01	-0.08	48	-0.07	-0.67			

การกำหนดรูปแบบ SARMA(P,D,Q)_L ให้กับอนุกรมเวลา {Z_t} จากรูปที่ 4.39 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่ cut off หลัง lag ที่ 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 4.40) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่ คือ SARIMA (0,1,1)₁₂ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.46 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.46 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
SMA 12	0.8009	0.1120	7.15	0.000
Constant	49.473	7.692	6.43	0.000

Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12

Number of observations: Original series 93, after differencing 81

Residuals: SS = 4084223 (backforecasts excluded)

MS = 51699 df = 79

จากตารางที่ 4.46 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 49.473$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.8009$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้น

ควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.46 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 6.43$ (p-value= 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.46 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 7.15$ (p-value= 0.000) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.47 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15.1	26.1	32.8	45.0
df	10	22	34	46
p - value	0.127	0.248	0.526	0.514

จากตารางที่ 4.47 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.47 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,10} = 15.1$ (p-value= 0.127) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.47 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,22} = 26.1$ (p-value= 0.248) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.47 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,34} = 32.8$ (p-value= 0.526) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.47 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,46} = 45.0$ (p-value= 0.514) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.46 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่รายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + Y_{t-12} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 49.473 - 0.8009e_{t-12+l} + Y_{t-12+l}$$

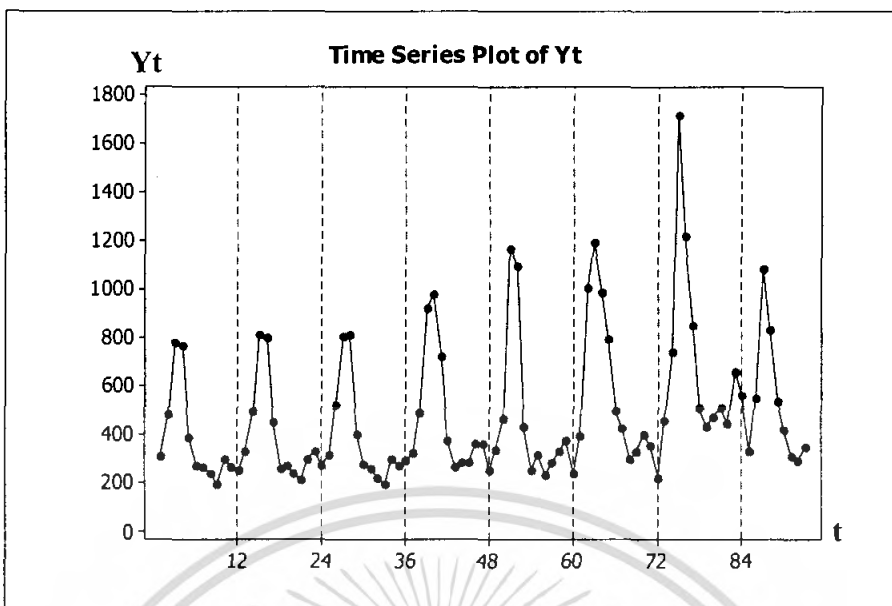
สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุด ยอดขายรวมตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.48

ตารางที่ 4.48 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (บาท)
ต.ค. 2550	1,015.83
พ.ย. 2550	1,090.96
ธ.ค. 2550	890.25
ม.ค. 2551	1,051.37
ก.พ.2551	1,653.38
มี.ค.2551	2,909.49
เม.ย.2551	2,506.86
พ.ค.2551	1,629.82
มิ.ย.2551	1,101.65
ก.ค.2551	980.5
ส.ค. 2551	911.42
ก.ย.2551	962.25

4.1.9 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม { Y_t } มีจำนวน 93 เดือน(มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.41 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ 'ไม่เป็นสเตชันนารี'



รูปที่ 4.41 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของคชขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม

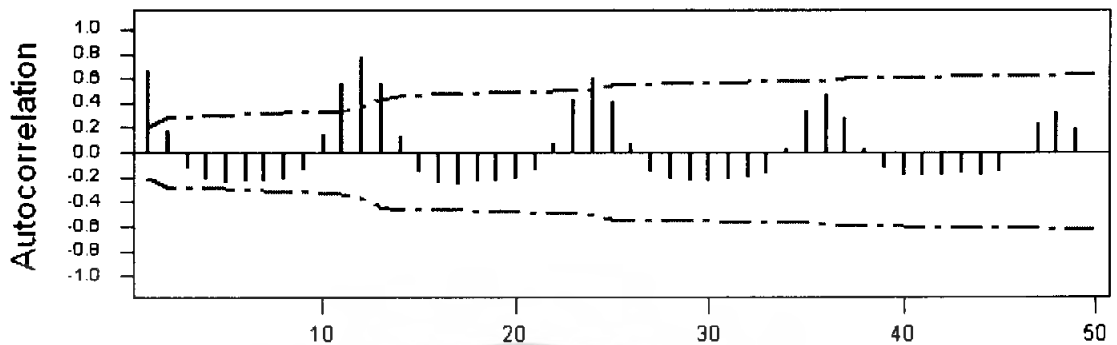
จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.49 และรูปที่ 4.42 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.49 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของคชขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.88	8.38	42.08	13	0.55	2.55	210.98	26	0.41	1.50	343.82	37	0.29	0.95	450.83	49	0.19	0.58	528.44
2	0.17	1.20	44.90	14	0.13	0.57	212.05	28	0.07	0.28	344.31	38	0.03	0.09	450.94	50	-0.01	-0.05	528.48
3	-0.13	-0.89	48.53	15	-0.16	-0.87	215.75	27	-0.10	-0.59	347.85	39	-0.13	-0.44	453.88				
4	-0.22	-1.52	51.37	16	-0.25	-1.08	223.04	28	-0.22	-0.79	354.48	40	-0.19	-0.64	480.13				
5	-0.25	-1.86	57.50	17	-0.28	-1.11	231.16	29	-0.23	-0.83	361.00	41	-0.20	-0.64	488.88				
6	-0.24	-1.57	63.39	18	-0.24	-1.00	237.88	30	-0.24	-0.85	370.03	42	-0.19	-0.82	472.83				
7	-0.24	-1.50	69.08	19	-0.23	-0.95	244.35	31	-0.22	-0.79	377.20	43	-0.18	-0.59	478.88				
8	-0.21	-1.33	73.86	20	-0.22	-0.89	250.10	32	-0.21	-0.72	383.41	44	-0.18	-0.61	485.18				
9	-0.15	-0.83	78.30	21	-0.14	-0.57	252.52	33	-0.17	-0.60	387.80	45	-0.16	-0.51	488.83				
10	0.14	0.88	78.48	22	0.08	0.32	253.30	34	0.02	0.08	387.89	46	-0.01	-0.03	488.84				
11	0.58	3.34	111.98	23	0.42	1.70	275.70	35	0.33	1.15	404.83	47	0.23	0.73	499.88				
12	0.77	4.15	178.85	24	0.80	2.35	322.21	36	0.48	1.58	438.01	48	0.32	1.01	519.55				

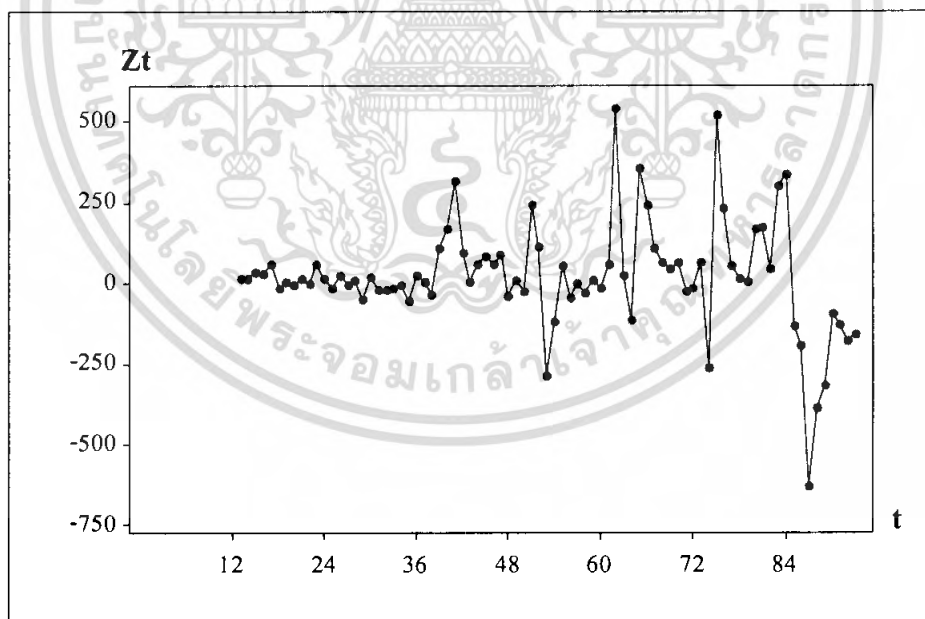
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.42 คอเรล โทแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน โดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาจะมีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.43 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้วที่ 4.43



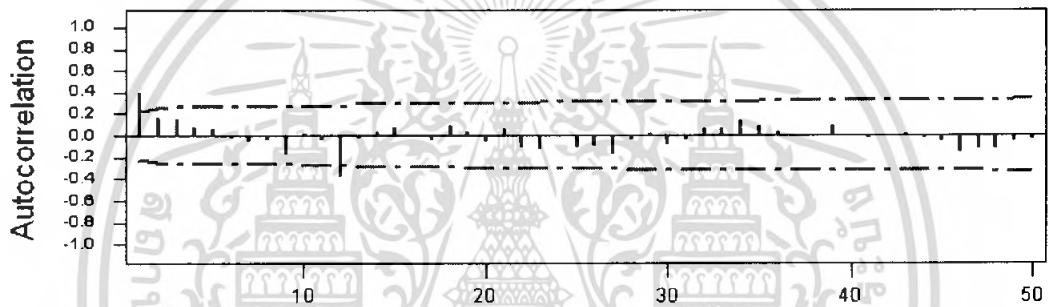
รูปที่ 4.43 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.50 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม

Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.39	3.55	13.04	13	-0.02	-0.16	35.88	25	-0.11	-0.74	43.46	37	-0.01	-0.07	54.90	49	-0.06	-0.35	66.85
2	0.16	1.24	15.15	14	0.03	0.23	36.00	26	-0.11	-0.70	44.88	38	0.00	0.02	54.90	50	-0.04	-0.24	70.18
3	-0.15	1.17	17.13	15	0.07	0.49	36.55	27	-0.19	-1.13	48.74	39	0.09	0.55	56.16				
4	0.07	0.56	17.61	16	-0.00	-0.01	36.55	28	-0.04	-0.27	48.98	40	0.00	0.01	56.16				
5	0.06	0.49	17.98	17	-0.04	-0.29	36.75	29	0.02	0.12	49.03	41	-0.04	-0.23	56.39				
6	-0.03	-0.20	18.05	18	0.09	0.61	37.64	30	-0.08	-0.51	49.90	42	-0.00	-0.02	56.39				
7	-0.04	-0.49	18.43	19	0.03	0.17	37.71	31	-0.04	-0.26	50.13	43	0.02	0.11	56.46				
8	-0.05	-0.34	18.61	20	-0.06	-0.38	38.07	32	0.06	0.36	50.63	44	-0.03	-0.18	56.60				
9	-0.17	-1.29	21.38	21	0.05	0.35	38.38	33	0.05	0.33	51.01	45	-0.06	-0.36	57.23				
10	0.01	0.10	21.40	22	-0.12	-0.79	40.01	34	0.14	0.87	53.75	46	-0.16	-0.98	62.11				
11	-0.04	-0.33	21.59	23	-0.13	-0.84	41.89	35	0.09	0.53	54.81	47	-0.14	-0.85	65.93				
12	-0.38	-2.61	35.83	24	-0.01	-0.07	41.90	36	0.02	0.14	54.88	48	-0.13	-0.76	69.15				

Autocorrelation Function for Z_t



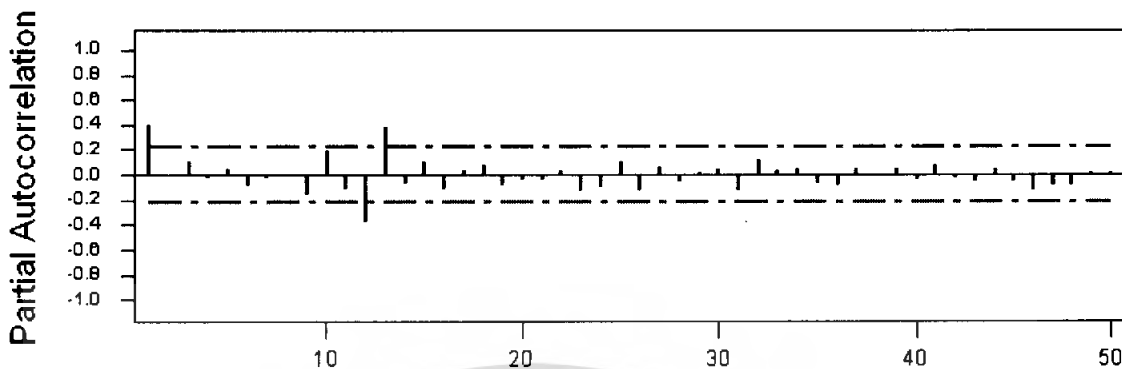
รูปที่ 4.44 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม

ตารางที่ 4.51 ค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.39	3.55	13	0.38	3.42	25	0.10	0.87	37	0.04	0.36	49	0.02	0.17
2	0.00	0.02	14	-0.07	-0.63	26	-0.13	-1.15	38	-0.02	-0.17	50	0.01	0.08
3	0.11	0.95	15	0.11	0.96	27	0.05	0.48	39	0.04	0.37			
4	-0.02	-0.22	16	-0.12	-1.09	28	-0.08	-0.57	40	-0.05	-0.46			
5	0.04	0.36	17	0.02	0.21	29	0.01	0.10	41	0.07	0.63			
6	-0.09	-0.82	18	0.07	0.65	30	0.05	0.44	42	-0.03	-0.27			
7	-0.04	-0.32	19	-0.09	-0.77	31	-0.13	-1.20	43	-0.05	-0.48			
8	-0.01	-0.12	20	-0.05	-0.43	32	0.12	1.11	44	0.04	0.34			
9	-0.16	-1.47	21	-0.05	-0.46	33	0.04	0.32	45	-0.08	-0.58			
10	0.16	1.66	22	0.03	0.26	34	0.04	0.40	46	-0.14	-1.22			
11	-0.12	-1.07	23	-0.14	-1.25	35	-0.08	-0.69	47	-0.08	-0.74			
12	-0.38	-3.44	24	-0.10	-0.89	36	-0.09	-0.76	48	-0.08	-0.76			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.45 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม

การกำหนดรูปแบบ $ARIMA(p,d,q) \times SARIMA(P,D,Q)_L$ ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จากรูปที่ 4.44 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม cut off หลัง lag ที่ 1 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่า cut off หลัง lag ที่ 12 (รูปที่ 4.45) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม คือ $ARMA(1,0,0) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.52 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.52 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
AR 1	0.4483	0.1016	4.41	0.000
SMA 12	0.7691	0.1160	6.63	0.000
Constant	19.252	3.963	4.86	0.000
Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12				
Number of observations: Original series 93, after differencing 81				
Residuals: SS = 1112958 (backforecasts excluded)				
MS = 14269 df = 78				

จากตารางที่ 4.52 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 19.252$, $\hat{\phi}_1 = 0.4483$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.7691$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้น ควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.52 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 4.86$ (p-value= 0.000) จะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0

$$2. H_0 : \phi_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \phi_1 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.52 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 4.41$ (p-value= 0.000) จะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า ϕ_1 มีค่าไม่เท่ากับ 0

$$3. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.52 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 6.63$ (p-value= 0.000) จะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ ARMA(1,0,0) \times SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ ARMA(1,0,0) \times SARIMA(0,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.53 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	7.7	14.9	21.0	29.0
df	9	21	33	45
p – value	0.564	0.830	0.948	0.969

จากตารางที่ 4.53 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.53 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,9} = 7.7$ (p-value= 0.564) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.53 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,21} = 14.9$ (p-value= 0.830) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.53 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,33} = 31.1$ (p-value= 0.561) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.53 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,45} = 21.0$ (p-value= 0.948) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ ARMA(1,0,0) \times SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.52 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอมรายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + \phi_1 Y_{t-1} + Y_{t-12} - \phi_1 Y_{t-13} - \theta_{12} \varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \phi_1 Y_{t-1} + Y_{t-12} - \phi_1 Y_{t-13} - \theta_{12} \varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 19.252 + 0.4483Y_{t-1+l} + Y_{t-12+l} - 0.4483Y_{t-13+l} - 0.7691\varepsilon_{t-12+l}$$

สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอมตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.54

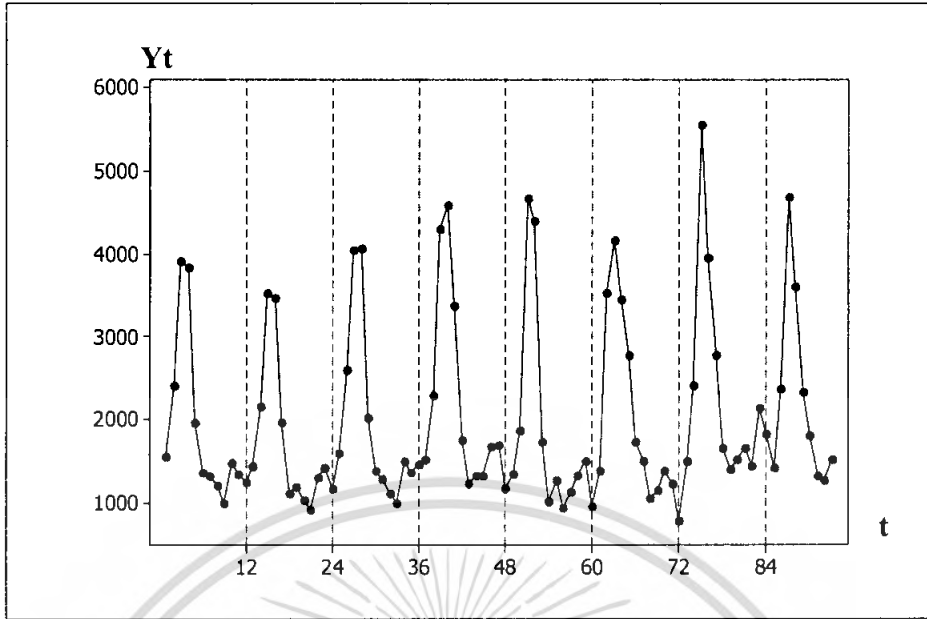
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.54 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วย
 หอมตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (โหล)
ต.ค. 2550	440.18
พ.ย. 2550	506.69
ธ.ค. 2550	428.60
ม.ค. 2551	481.41
ก.พ.2551	748.46
มี.ค.2551	1,281.11
เม.ย.2551	1,089.65
พ.ค.2551	738.95
มิ.ย.2551	514.76
ก.ค.2551	459.92
ส.ค. 2551	430.94
ก.ย.2551	456.13

4.1.10 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น {Y_t} มีจำนวน 93 เดือน (มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.46 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี



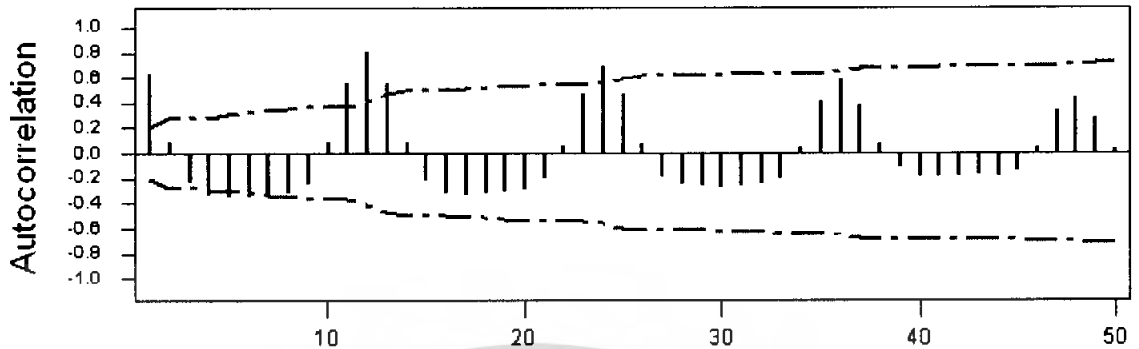
รูปที่ 4.46 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาของคชขายผลิตภัณณ์น้ำหวานเข้มข้นกลั่นองุ่น

จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.55 และรูปที่ 4.47 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.55 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาของคชขายผลิตภัณณ์น้ำหวานเข้มข้นกลั่นองุ่น

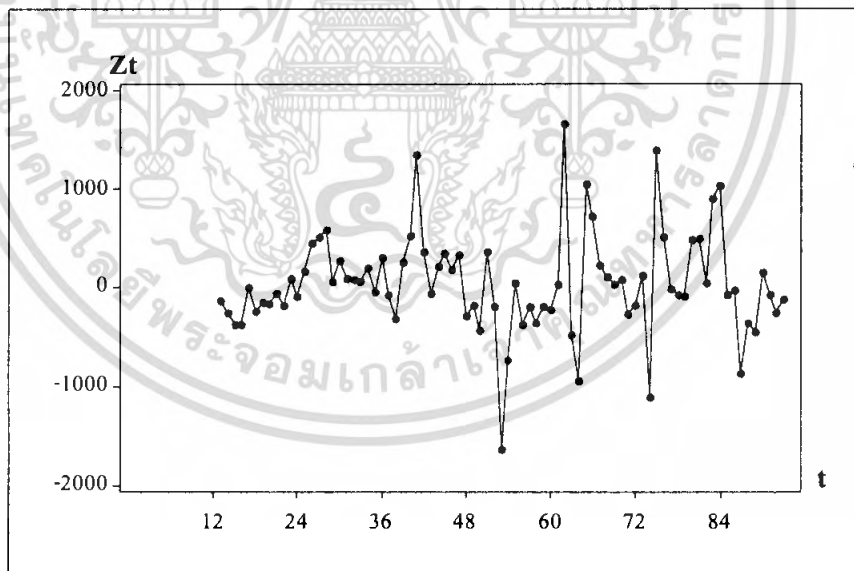
Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.64	6.15	39.09	13	0.55	2.38	249.29	25	0.46	1.55	438.46	37	0.38	1.12	598.27	49	0.28	0.78	712.19
2	0.09	0.65	39.88	14	0.09	0.35	250.14	26	0.07	0.24	437.19	38	0.07	0.20	599.02	50	0.04	0.10	712.46
3	-0.24	-1.88	46.32	15	-0.22	-0.89	255.72	27	-0.19	-0.82	442.05	39	-0.12	-0.38	601.55				
4	-0.33	-2.29	56.17	16	-0.32	-1.28	267.58	28	-0.26	-0.83	450.92	40	-0.19	-0.58	607.77				
5	-0.35	-2.32	68.73	17	-0.34	-1.31	280.73	29	-0.27	-0.85	460.65	41	-0.20	-0.57	614.27				
6	-0.35	-2.15	80.85	18	-0.32	-1.21	292.50	30	-0.27	-0.87	471.15	42	-0.19	-0.55	620.51				
7	-0.34	-1.99	92.49	19	-0.31	-1.17	303.84	31	-0.26	-0.82	480.76	43	-0.18	-0.52	626.19				
8	-0.32	-1.82	103.11	20	-0.29	-1.09	314.39	32	-0.25	-0.77	489.54	44	-0.19	-0.54	632.54				
9	-0.24	-1.34	109.39	21	-0.20	-0.75	319.46	33	-0.20	-0.82	495.41	45	-0.15	-0.42	636.46				
10	0.09	0.50	110.28	22	0.06	0.22	319.90	34	0.04	0.13	495.67	46	0.04	0.12	636.76				
11	0.58	3.03	144.51	23	0.47	1.72	347.91	35	0.42	1.29	521.99	47	0.33	0.95	657.81				
12	0.81	3.06	215.32	24	0.69	2.44	408.54	36	0.59	1.79	575.38	48	0.44	1.25	669.41				

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.47 คอเรลโลแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกึ่งกลั่นอ่อน

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน โดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลามีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.48 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว



รูปที่ 4.48 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.56 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.20	1.77	3.25	13	-0.07	-0.46	40.79	25	-0.11	-0.88	54.83	37	0.07	0.41	83.82	49	0.03	0.15	102.20
2	-0.06	-0.50	3.53	14	0.04	0.30	40.99	26	-0.12	-0.72	56.50	38	0.08	0.47	84.92	50	0.02	0.11	102.20
3	0.12	1.02	4.73	15	0.13	0.62	42.58	27	-0.27	-1.04	65.37	39	0.22	1.27	93.01				
4	0.09	0.77	5.44	16	-0.00	-0.02	42.50	28	-0.08	-0.51	66.29	40	0.10	0.55	94.84				
5	0.10	0.88	6.40	17	-0.09	-0.59	43.45	29	-0.01	-0.04	66.29	41	0.04	0.24	94.98				
6	-0.02	-0.19	6.45	18	0.11	0.71	44.72	30	-0.14	-0.62	68.80	42	0.07	0.37	95.77				
7	-0.05	-0.43	6.89	19	-0.01	-0.06	44.73	31	-0.08	-0.46	69.71	43	0.06	0.34	96.43				
8	-0.07	-0.57	7.12	20	-0.05	-0.33	45.02	32	0.01	0.07	69.73	44	0.00	0.02	96.44				
9	-0.25	-2.07	12.86	21	0.14	0.91	47.26	33	0.01	0.04	69.73	45	-0.01	-0.05	96.46				
10	0.09	0.73	13.65	22	-0.14	-0.92	48.80	34	0.22	1.27	70.47	46	-0.15	-0.81	100.86				
11	-0.01	-0.05	13.66	23	-0.18	-1.14	53.39	35	0.18	1.02	81.07	47	-0.08	-0.43	101.89				
12	-0.52	-4.12	40.30	24	0.00	0.02	53.39	36	0.11	0.65	83.01	48	-0.03	-0.14	102.03				

Autocorrelation Function for Z_t



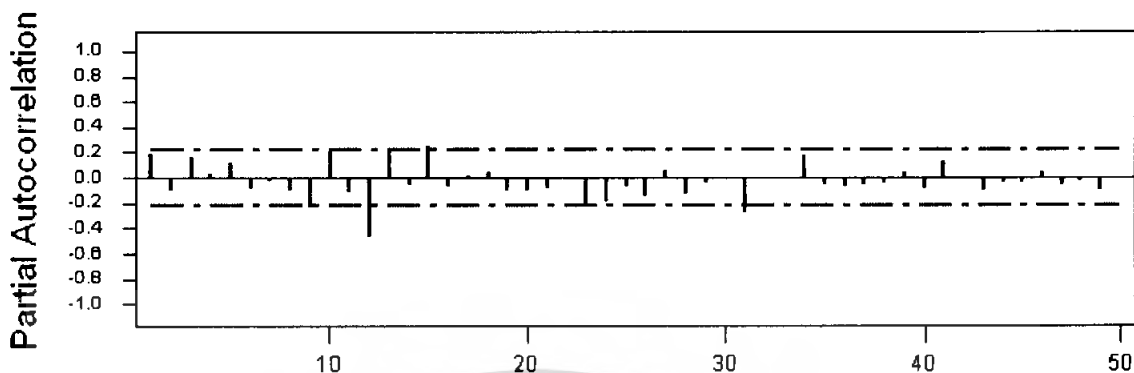
รูปที่ 4.49 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น

ตารางที่ 4.57 แสดงค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.20	1.77	13	0.24	2.13	25	-0.07	-0.60	37	-0.06	-0.50	49	-0.11	-0.96
2	-0.10	-0.80	14	-0.05	-0.46	26	-0.15	-1.37	38	-0.05	-0.42	50	-0.02	-0.15
3	0.16	1.42	15	0.25	2.27	27	0.05	0.46	39	0.05	0.43			
4	0.03	0.24	16	-0.08	-0.69	28	-0.12	-1.12	40	-0.09	-0.80			
5	0.11	0.89	17	0.02	0.17	29	-0.04	-0.40	41	0.14	1.23			
6	-0.08	-0.73	18	0.04	0.34	30	0.01	0.06	42	-0.01	-0.05			
7	-0.02	-0.22	19	-0.10	-0.93	31	-0.28	-2.52	43	-0.10	-0.92			
8	-0.10	-0.91	20	-0.10	-0.93	32	-0.01	-0.06	44	-0.04	-0.34			
9	-0.24	-2.17	21	-0.09	-0.85	33	-0.02	-0.16	45	-0.04	-0.37			
10	0.21	1.91	22	-0.01	-0.12	34	0.18	1.59	46	0.04	0.37			
11	-0.12	-1.04	23	-0.21	-1.92	35	-0.08	-0.54	47	-0.08	-0.55			
12	-0.47	-4.24	24	-0.19	-1.68	36	-0.08	-0.70	48	-0.03	-0.28			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.50 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น

การกำหนดรูปแบบ SARIMA(P,D,Q)_L ให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จากรูปที่ 4.49 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น cut off หลัง lag ที่ 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 4.50) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น คือ SARIMA (0,1,1)₁₂ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.58 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.58 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
SMA 12	0.8141	0.1136	7.17	0.000
Constant	50.60	12.07	4.19	0.000
Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12				
Number of observations: Original series 93, after differencing 81				
Residuals: SS = 10675015 (backforecasts excluded)				
MS = 135127 df = 79				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.58 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 50.60$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.8141$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้นควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.58 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 4.19$ ($p\text{-value} = 0.000$) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.58 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 7.17$ ($p\text{-value} = 0.000$) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.59 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	15.9	26.8	46.0	63.3
df	10	22	34	46
p - value	0.102	0.219	0.082	0.046

จากตารางที่ 4.59 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรม MINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.59 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05, 10} = 15.9$ ($p\text{-value} = 0.102$) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.59 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,22} = 26.8$ (p-value= 0.219) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.59 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,34} = 46.0$ (p-value= 0.082) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.5 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,46} = 63.3$ (p-value= 0.046) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.58 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกึ่งปีรายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + Y_{t-12} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 50.60 - 0.8141e_{t-12+l} + Y_{t-12+l}$$

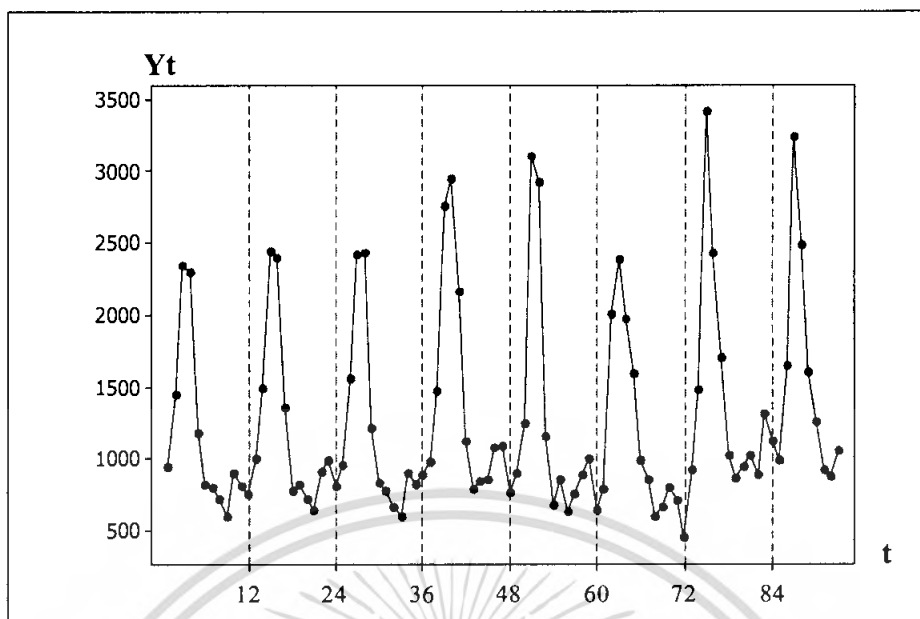
สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกึ่งปีตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.60

ตารางที่ 4.60 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่นตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (โหล)
ต.ค. 2550	1,614.06
พ.ย. 2550	1,717.32
ธ.ค. 2550	1,387.40
ม.ค. 2551	1,650.30
ก.พ.2551	2,665.94
มี.ค.2551	4,729.60
เม.ย.2551	4,083.42
พ.ค.2551	2,618.80
มิ.ย.2551	1,728.17
ก.ค.2551	1,525.98
ส.ค. 2551	1,411.08
ก.ย.2551	1,484.77

4.1.11 ยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่

อนุกรมเวลารายเดือนยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่ {Y_t} มีจำนวน 93 เดือน (มกราคม 2543- กันยายน 2550) การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาแสดงในรูปที่ 4.51 จากรูปจะเห็นว่าอนุกรมเวลามีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่เป็นสเตชันนารี



รูปที่ 4.51 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกิ้นลินจี

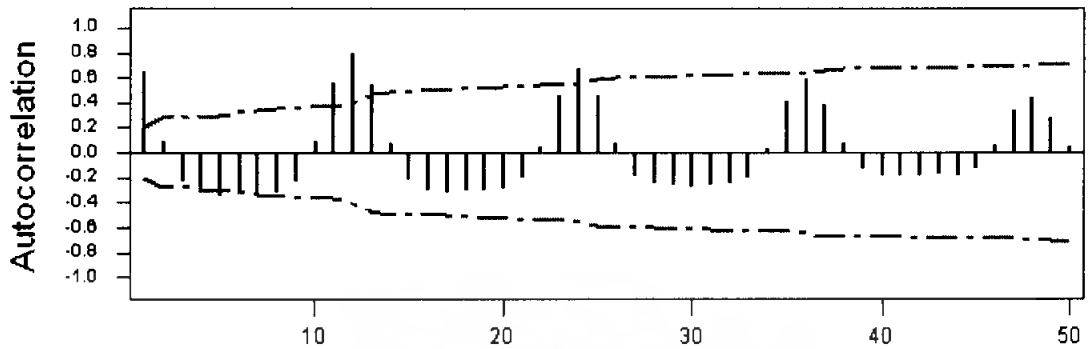
จากการพิจารณาคอเรลโลแกรม r_k ดังตารางที่ 4.61 และรูปที่ 4.52 จะเห็นได้ว่าในแต่ละ 12 ช่วงเวลาการเคลื่อนไหวของค่า r_k จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน คือใน 12 ช่วงเวลาแรกจะมีค่าสูงในตอนต้นช่วง จากนั้นมีค่าลดลง และ r_k จะกลับมีค่าสูงขึ้นอีกโดยจะมีค่าสูงสุดเมื่อ k เท่ากับ 12 แผนแบบนี้จะคล้ายกันสำหรับ 12 ช่วงเวลาถัดไป ลักษณะของคอเรลโลแกรมของ r_k ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้มีฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง

ตารางที่ 4.61 ค่าของ r_k ของอนุกรมเวลาขยายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกิ้นลินจี

Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO	Lag	Corr	T	LBO
1	0.64	6.16	39.14	13	0.54	2.31	243.20	25	0.48	1.54	423.27	37	0.38	1.13	585.71
2	0.09	0.67	39.98	14	0.08	0.32	243.91	26	0.07	0.24	423.99	38	0.07	0.20	586.42
3	-0.23	-1.84	46.19	15	-0.22	-0.89	249.38	27	-0.18	-0.61	428.52	39	-0.13	-0.38	589.13
4	-0.33	-2.25	55.71	16	-0.31	-1.26	290.64	28	-0.24	-0.80	436.65	40	-0.20	-0.57	595.50
5	-0.35	-2.29	67.93	17	-0.33	-1.29	273.03	29	-0.26	-0.84	446.84	41	-0.19	-0.57	601.88
6	-0.34	-2.12	79.70	18	-0.31	-1.20	284.29	30	-0.27	-0.88	466.23	42	-0.19	-0.55	609.02
7	-0.33	-1.99	91.09	19	-0.31	-1.16	295.64	31	-0.27	-0.85	486.26	43	-0.18	-0.52	613.73
8	-0.32	-1.81	101.56	20	-0.30	-1.11	306.17	32	-0.25	-0.81	475.65	44	-0.19	-0.54	619.90
9	-0.24	-1.33	107.70	21	-0.21	-0.78	311.54	33	-0.21	-0.65	481.98	45	-0.14	-0.40	623.46
10	0.09	0.51	108.63	22	0.05	0.18	311.64	34	0.04	0.11	482.10	46	0.05	0.15	623.95
11	0.56	3.02	142.20	23	0.46	1.69	338.16	35	0.42	1.31	508.54	47	0.34	0.97	646.64
12	0.79	3.93	211.03	24	0.67	2.42	390.31	36	0.59	1.83	562.91	48	0.45	1.27	684.85

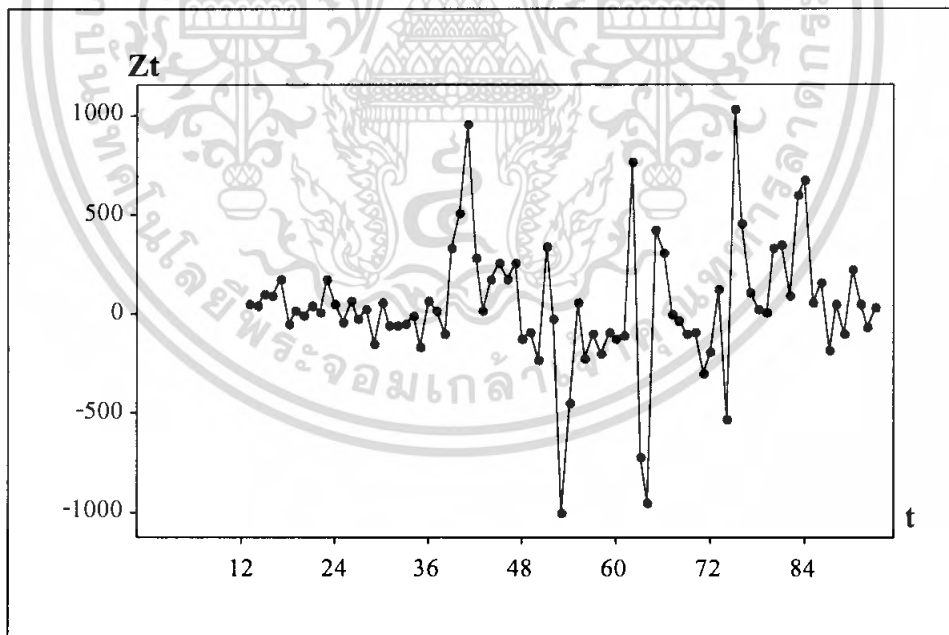
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Autocorrelation Function for Y_t



รูปที่ 4.52 คอเรลโตแกรมของ r_k ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่

ดังนั้นจะต้องแปลงอนุกรมเวลาให้เป็นสเตชันนารีก่อน โดยกำจัดอิทธิพลฤดูกาลจึงแปลงอนุกรมเวลาเดิม $\{Y_t\}$ เป็นอนุกรมเวลาใหม่ $\{Z_t\}$ โดยการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง ($Z_t = Y_t - Y_{t-12}$) เมื่อหาผลต่างแล้วอนุกรมเวลาจะมีการเคลื่อนไหวเป็นอนุกรมเวลาใหม่ และเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 4.53 จะเห็นว่า เป็นอนุกรมเวลาที่เป็นสเตชันนารีแล้ว



รูปที่ 4.53 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา เมื่อทำการหาผลต่างฤดูกาล 1 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.62 ค่า $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่

Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.20	1.82	3.44	13	-0.16	-1.02	44.03	25	0.00	0.03	58.94	37	0.00	0.01	73.40	49	-0.00	-0.03	82.02
2	-0.08	-0.58	3.80	14	-0.03	-0.20	44.13	26	-0.02	-0.10	58.98	38	0.02	0.13	73.48	50	-0.01	-0.07	82.05
3	0.13	1.11	5.24	15	0.07	0.44	44.61	27	-0.19	-1.15	63.42	39	0.14	0.79	78.49				
4	0.11	0.97	6.38	16	-0.07	-0.42	45.05	28	-0.02	-0.11	63.46	40	0.02	0.13	78.57				
5	0.12	1.04	7.73	17	-0.13	-0.82	46.73	29	0.00	0.03	63.46	41	0.02	0.11	78.63				
6	0.04	0.29	7.84	18	0.07	0.43	47.22	30	-0.15	-0.89	66.42	42	0.08	0.47	77.80				
7	0.05	0.46	8.10	19	-0.08	-0.51	47.93	31	-0.09	-0.58	67.62	43	0.09	0.54	79.37				
8	0.03	0.26	8.19	20	-0.12	-0.74	49.43	32	-0.01	-0.05	67.63	44	0.04	0.23	79.67				
9	-0.14	-1.19	10.15	21	0.08	0.51	50.16	33	-0.04	-0.25	67.68	45	0.04	0.24	79.99				
10	0.19	1.58	13.74	22	-0.18	-1.18	54.08	34	0.12	0.73	70.08	46	-0.06	-0.34	80.69				
11	0.05	0.37	13.98	23	-0.20	-1.28	58.94	35	0.12	0.70	72.13	47	-0.05	-0.27	81.15				
12	-0.53	-4.18	41.65	24	0.03	0.17	58.94	36	0.09	0.54	73.40	48	-0.07	-0.37	82.02				

Autocorrelation Function for Z_t



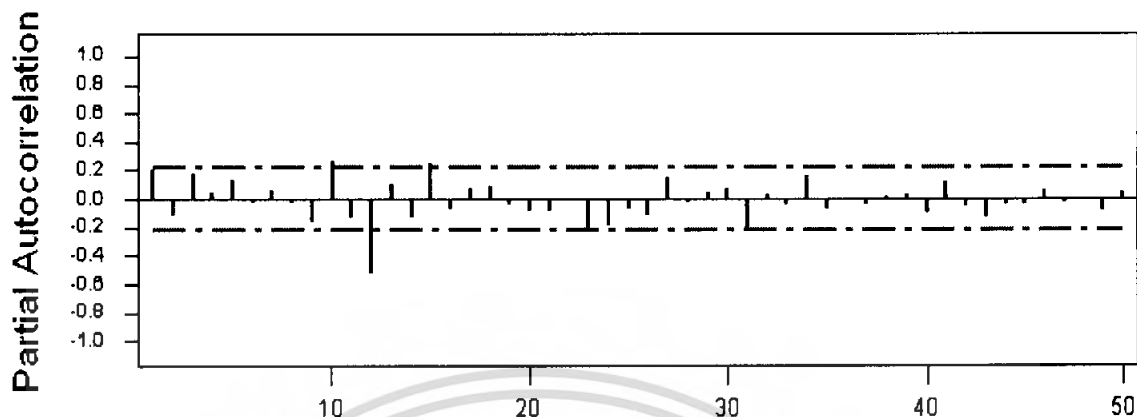
รูปที่ 4.54 คอเรลโลแกรมของ $r_k(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่

ตารางที่ 4.63 แสดงค่า $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์ของน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่

Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.20	1.82	13	0.10	0.93	25	-0.07	-0.82	37	-0.05	-0.43	49	-0.09	-0.83
2	-0.11	-0.99	14	-0.13	-1.19	26	-0.11	-1.01	38	0.02	0.14	50	0.04	0.38
3	0.18	1.58	15	0.24	2.18	27	0.15	1.37	39	0.02	0.20			
4	0.04	0.37	16	-0.08	-0.69	28	-0.04	-0.32	40	-0.10	-0.63			
5	0.13	1.15	17	0.07	0.66	29	0.05	0.44	41	0.12	1.05			
6	-0.03	-0.24	18	0.09	0.85	30	0.08	0.72	42	-0.06	-0.52			
7	0.08	0.58	19	-0.05	-0.42	31	-0.21	-1.86	43	-0.13	-1.18			
8	-0.04	-0.33	20	-0.09	-0.82	32	0.03	0.25	44	-0.05	-0.43			
9	-0.16	-1.48	21	-0.09	-0.79	33	-0.04	-0.40	45	-0.04	-0.33			
10	0.27	2.41	22	-0.00	-0.04	34	0.16	1.41	46	0.08	0.57			
11	-0.14	-1.25	23	-0.22	-2.02	35	-0.08	-0.71	47	-0.04	-0.32			
12	-0.53	-4.74	24	-0.19	-1.70	36	-0.02	-0.15	48	-0.00	-0.04			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Partial Autocorrelation Function for Z_t



รูปที่ 4.55 คอเรลโลแกรมของ $r_{kk}(Z_t)$ ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่

การกำหนดรูปแบบ SARIMA(P,D,Q)_L ให้กับอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ จากรูปที่ 4.54 พบว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเอง (ACF) ของผลต่างฤดูกาลอันดับที่ 1 ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่ cut off หลัง lag ที่ 12 และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตนเองบางส่วน (PACF) แล้วพบว่าอนุกรมเวลามีลักษณะลดลงอย่างรวดเร็ว (รูปที่ 4.55) ดังนั้นตัวแบบที่เป็นไปได้ของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่ คือ SARIMA (0,1,1)₁₂ จากนั้นจึงนำตัวแบบที่กำหนดไปประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้โปรแกรม MINITAB ผลการประมาณค่าแสดงดังตารางที่ 4.64 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.64 การประมาณค่าพารามิเตอร์และทดสอบสมมติฐานของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่

Final Estimates of Parameters				
Type	Coef	SE Coef	T	P
SMA 12	0.8180	0.1118	7.32	0.000
Constant	35.530	7.617	4.66	0.000
Differencing: 0 regular, 1 seasonal of order 12				
Number of observations: Original series 93, after differencing 81				
Residuals: SS = 4306411 (backforecasts excluded)				
MS = 54512 df = 79				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.64 แสดงการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่า $\hat{\theta}_0 = 35.530$ และ $\hat{\theta}_{12} = 0.8180$ จากนั้นทำการทดสอบสมมติฐานว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประมาณขึ้นควรอยู่ในตัวแบบหรือไม่โดยใช้ตัวสถิติ t และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบตัวพารามิเตอร์แต่ละตัว และผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \theta_0 = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_0 \neq 0$$

จากตารางที่ 4.64 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 4.66$ ($p\text{-value} = 0.000$) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_0 มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_0 อยู่ในตัวแบบ

$$2. H_0 : \theta_{12} = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta_{12} \neq 0$$

จากตารางที่ 4.64 พบว่ามีค่าสถิติ $t = 7.32$ ($p\text{-value} = 0.000$) ดังนั้นจะปฏิเสธ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่า θ_{12} มีค่าไม่เท่ากับ 0 นั่นคือ θ_{12} อยู่ในตัวแบบ

จากการทดสอบสมมติฐานข้างต้น จึงสรุปได้ว่ารูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาแล้ว จากนั้นพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ โดยทดสอบความคลาดเคลื่อนว่าเป็นอิสระกันหรือไม่ โดยใช้การทดสอบสมมติฐาน Box Pierce และ Box Ljung

ตารางที่ 4.65 การทดสอบสมมติฐาน Box และ Pierce และ Box Ljung

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	18.2	36.2	49.6	57.6
df	10	22	34	46
p - value	0.052	0.079	0.081	0.117

จากตารางที่ 4.65 การทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung จะพิจารณาว่า $\rho_k(e_t)$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots$ มีค่าเป็น 0 พร้อมกันหรือไม่ ซึ่งสามารถตั้งสมมติฐานได้ดังนี้โดยใช้ Chi-Square และดำเนินการทดสอบด้วยโปรแกรมMINITAB การตั้งสมมติฐานในการทดสอบ ผลการทดสอบสรุปได้ดังนี้

$$1. H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{12}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 12$$

จากตารางที่ 4.65 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05, 10} = 18.2$ ($p\text{-value} = 0.052$) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$2. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{24}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 24$$

จากตารางที่ 4.65 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,22} = 36.2$ (p-value= 0.079) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$3. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{36}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 36$$

จากตารางที่ 4.65 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,34} = 49.6$ (p-value= 0.081) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

$$4. \quad H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{48}(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ สำหรับ } k \text{ บางค่า เมื่อ } k = 1, 2, \dots, 48$$

จากตารางที่ 4.65 พบว่ามีค่าสถิติ $\chi^2_{0.05,46} = 57.6$ (p-value= 0.117) ดังนั้นจะยอมรับ H_0 ที่ $\alpha = 0.05$ จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน

ดังนั้นการทดสอบสมมติฐานโดยวิธี Box Pierce และ Box Ljung ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าค่า p-value ที่ lag 12, 24, 36 และ 48 ทุกค่ามีค่ามากกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าช่วงเวลามีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน หรือรูปแบบ SARIMA(0,1,1)₁₂ เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้แล้ว จากนั้นจึงนำค่าสถิติที่ได้จากตารางที่ 4.64 ไปสร้างสมการที่จะใช้ในการพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่รายเดือน ซึ่งสามารถกำหนดรูปแบบการพยากรณ์ได้ดังนี้

สมการพยากรณ์ คือ

$$Z_t = \theta_0 + \varepsilon_t - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$Y_t = \theta_0 + \varepsilon_t + Y_{t-12} - \theta_{12}\varepsilon_{t-12}$$

$$\hat{Y}_t(l) = 35.53 - 0.8180e_{t-12+l} + Y_{t-12+l}$$

สำหรับ Y_{93+l} สำหรับ $l = 1, 2, \dots, 12$ ค่าพยากรณ์แบบจุดของยอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 ถึงกันยายน 2551 แสดงในตารางที่ 4.66

ตารางที่ 4.66 ค่าพยากรณ์แบบจุดของอนุกรมเวลายอดขายผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกิ้นลินจี้ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2550 – กันยายน 2551

เดือน	ค่าพยากรณ์แบบจุด (โหล)
ต.ค. 2550	1,015.19
พ.ย. 2550	1,080.54
ธ.ค. 2550	874.84
ม.ค. 2551	1,062.02
ก.พ.2551	1,694.13
มี.ค.2551	3,019.75
เม.ย.2551	2,611.88
พ.ค.2551	1,671.75
มิ.ย.2551	1,108.87
ก.ค.2551	981.22
ส.ค. 2551	910.05
ก.ย.2551	958.36

จากการพยากรณ์ยอดขายน้ำหวานเข้มข้น 11 ชนิดสามารถสรุปรูปแบบการพยากรณ์ชนิดต่างๆได้ดังตารางที่ 4.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4. 67 สรุปรูปแบบสมการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นชนิดต่าง ๆ

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	รูปแบบสมการพยากรณ์
1	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	SARIMA(1,1,1) ₁₂
2	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชดา	ARIMA(0,0,1) × SARIMA(1,1,1) ₁₂
3	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	SARIMA(0,1,1) ₁₂
4	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	ARIMA(1,0,0) × SARIMA(0,1,1) ₁₂
5	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	SARIMA(0,1,1) ₁₂
6	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	SARIMA(0,1,1) ₁₂
7	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย	SARIMA(0,1,1) ₁₂
8	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	SARIMA(0,1,1) ₁₂
9	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	ARMA(1,0,0) × SARIMA(0,1,1) ₁₂
10	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	SARIMA(0,1,1) ₁₂
11	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	SARIMA(0,1,1) ₁₂

จากการวิเคราะห์พบว่าลักษณะของข้อมูลพยากรณ์คล้ายกับรูปแบบข้อมูลของห้างหุ้นส่วนจำกัด ชินทรัพย์ที่นำมาศึกษา ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้าแบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดยสามารถแบ่งช่วงเวลา คือในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนมกราคม ซึ่งมีปริมาณความต้องการในระดับปกติ และในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ซึ่งมีความต้องการในปริมาณมาก เนื่องจากอยู่ในฤดูร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.68 ความต้องการผลิตภัณฑ์โดยเฉลี่ยในช่วงเวลาความต้องการผลิตภัณฑ์ปกติ (มิถุนายน-มกราคม) และช่วงเวลาความต้องการผลิตภัณฑ์ปริมาณมาก (กุมภาพันธ์-พฤษภาคม)

	ความต้องการผลิตภัณฑ์ปกติ	ความต้องการผลิตภัณฑ์ปริมาณมาก
ช่วงเวลา	เดือนมิถุนายน - มกราคม	เดือนกุมภาพันธ์ - พฤษภาคม
ผลิตภัณฑ์	ความต้องการโดยเฉลี่ย(โหล)	ความต้องการโดยเฉลี่ย(โหล)
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	13,037	29,082
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมช็อคดา	2,614	6,017
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	1,560	3,482
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	1,050	2,319
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	1,501	3,262
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	495	1,087
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย	250	544
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	1,001	2,175
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	465	965
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	1,565	3,524
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	990	2,249

4.2 วิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้น

4.2.1 วิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้นในช่วงเวลาความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก

ในการศึกษาครั้งนี้สนใจศึกษาผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้น 11 กลิ่น โดยกำหนดตัวแปรให้แก่น้ำหวานเข้มข้นแต่ละกลิ่น ดังตารางที่ 4.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.69 รายการผลิตภัณฑ์และตัวแปรที่อยู่ในขอบเขตการศึกษา

ผลิตภัณฑ์	ตัวแปร
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	X_1
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา	X_2
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	X_3
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	X_4
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	X_5
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	X_6
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย	X_7
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	X_8
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	X_9
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	X_{10}
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	X_{11}

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

เนื่องจากคณะผู้จัดทำศึกษาด้านต้นทุน โดยมีเป้าหมายให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำสุด จากการศึกษาข้อมูลการผลิตน้ำหวานเข้มข้น ต้นทุนน้ำหวานแต่ละกลิ่น(ต่อโหลต่อเดือน)ซึ่งนำค่าจากตารางที่ 3.1 สามารถเขียนสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

$$\text{Min } Z = 138X_1 + 120X_2 + 114X_3 + 96X_4 + 114X_5 + 138X_6 + 120X_7 + 114X_8 + 120X_9 + 138X_{10} + 126X_{11}$$

ข้อจำกัด

จากการศึกษาข้อมูลการผลิตน้ำหวานเข้มข้นของโรงงาน มีข้อจำกัดดังนี้

1. ข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้า

ปริมาณขอซื้อน้ำหวานเข้มข้นแต่ละชนิด(ต่อโหลต่อเดือน) โดยทางโรงงานจะผลิตน้ำหวานแต่ละกลิ่น ไม่ต่ำกว่าค่าพยากรณ์จากตารางที่ 4.68 เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X_1	\geq	29,082
X_2	\geq	6,017
X_3	\geq	3,482
X_4	\geq	2,319
X_5	\geq	3,262
X_6	\geq	1,087
X_7	\geq	544
X_8	\geq	2,175
X_9	\geq	965
X_{10}	\geq	3,524
X_{11}	\geq	2,249

2. ข้อจำกัดด้านเครื่องจักร

ข้อจำกัดด้านเครื่องจักรของโรงงานมี 2 ประการ ดังนี้

2.1 เวลาที่ใช้ในการต้มวัตถุดิบ

เวลาที่ใช้ในการต้มวัตถุดิบไม่ต่ำกว่า 780 ชั่วโมงต่อเดือน เพื่อให้ได้น้ำหวานตามคุณภาพที่โรงงานต้องการ พบว่าน้ำหวานแต่ละกลิ่น ใช้เวลาต้มกลิ่นละ 0.0213 ชั่วโมงต่อโหล เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$0.0213X_1 + 0.0213X_2 + 0.0213X_3 + 0.0213X_4 + 0.0213X_5 + 0.0213X_6 + 0.0213X_7 + 0.0213X_8 + 0.0213X_9 + 0.0213X_{10} + 0.0213X_{11} \geq 780$$

2.2 เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น

เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นไม่ต่ำกว่า 234 ชั่วโมงต่อเดือน เพื่อให้ได้น้ำหวานตามคุณภาพที่โรงงานต้องการ พบว่าน้ำหวานแต่ละกลิ่นใช้เวลาในการหล่อเย็นเพื่อให้อุณหภูมิลดลงไม่เท่ากัน เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$0.0078X_1 + 0.0064X_2 + 0.0064X_3 + 0.0043X_4 + 0.0057X_5 + 0.0050X_6 + 0.0050X_7 + 0.0085X_8 + 0.0057X_9 + 0.0071X_{10} + 0.0050X_{11} \geq 234$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ

ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบของโรงงานที่เกี่ยวข้องมี 2 ประการ ดังนี้

3.1 สารให้ความหวาน (แอสพาเทม)

สารให้ความหวานที่ใช้ในการผลิตไม่เกิน 664 กิโลกรัมต่อเดือน เนื่องจากเป็นไปตามข้อกำหนดทางกฎหมายที่ระบุไว้ว่าห้ามใส่สารให้ความหวานเกินปริมาณที่กำหนด พบว่าน้ำหวานแต่ละกลิ่นใช้สารให้ความหวานในปริมาณที่แตกต่างกัน เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$0.0125X_1 + 0.0122X_2 + 0.0112X_3 + 0.0095X_4 + 0.0102X_5 + \\ 0.0110X_6 + 0.0095X_7 + 0.0112X_8 + 0.0110X_9 + 0.0112X_{10} + 0.0102X_{11} \leq 664$$

3.2 กรดมะนาว

กรดมะนาวที่ใช้ในการผลิตไม่เกิน 481 กิโลกรัมต่อเดือน เนื่องจากข้อกำหนดด้านกฎหมายที่กำหนดไว้ว่าไม่สามารถใส่กรดมะนาวเกินปริมาณที่กำหนด พบว่าน้ำหวานที่มีรสเปรี้ยวเท่านั้นจึงจะใส่กรดมะนาว ได้แก่ น้ำหวานกลิ่น ส้ม (X_3), สับปะรด (X_5) และลิ้นจี่ (X_{11}) โดยสัดส่วนของกรดมะนาวที่ใช้ในแต่ละกลิ่นไม่เท่ากัน เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$0.0636X_3 + 0.0538X_5 + 0.0364X_{11} \leq 481$$

4. ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิตสูงสุด

ปริมาณกำลังการผลิตน้ำหวานเข้มข้นแต่ละกลิ่น (ต่อโหลต่อเดือน) ที่โรงงานสามารถผลิตได้ เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

X_1	\leq	35,100
X_2	\leq	9,360
X_3	\leq	8,190
X_4	\leq	7,839
X_5	\leq	6,435
X_6	\leq	5,850
X_7	\leq	4,680
X_8	\leq	4,212

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 X_9 &\leq 3,510 \\
 X_{10} &\leq 4,095 \\
 X_{11} &\leq 6,198 \\
 \text{และ } X_i &\geq 0 \text{ เมื่อ } i = 1, 2, \dots, 11
 \end{aligned}$$

จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปร 11 ตัวแปร และฟังก์ชันเงื่อนไข 26 ฟังก์ชัน นำตัวแบบไปวิเคราะห์หาจำนวนผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่จะทำการผลิตในแต่ละเดือน ด้วยเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Tora (ภาคผนวก ข) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.70

ตารางที่ 4.70 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแต่ละเดือน ในปริมาณที่เหมาะสมในช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต(โหล)
1	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	29,082
2	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา	6,017
3	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	3,482
4	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	2,319
5	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	3,262
6	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	1,087
7	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย	544
8	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	2,175
9	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	965
10	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	3,524
11	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	2,249

เมื่อนำปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแต่ละเดือน ในปริมาณที่เหมาะสมนำไปแทนในสมการวัตถุประสงค์ จะทำให้บริษัทเสียค่าใช้จ่ายต้นทุนต่ำที่สุด คือ 7,075,518 บาทต่อเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 วิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้นในช่วงเวลาความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณปกติ

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

เนื่องจากคณะผู้จัดทำศึกษาด้านต้นทุน โดยมีเป้าหมายให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำสุด จากการศึกษาข้อมูลการผลิตน้ำหวานเข้มข้น ต้นทุนน้ำหวานแต่ละกลิ่น(ต่อโหลต่อเดือน)ซึ่งนำค่าจากตารางที่ 3.1 สามารถเขียนสมการฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ได้ดังนี้

$$\text{Min } Z = 138X_1 + 120X_2 + 114X_3 + 96X_4 + 114X_5 + 138X_6 + 120X_7 + 114X_8 + 120X_9 + 138X_{10} + 126X_{11}$$

ข้อจำกัด

จากการศึกษาข้อมูลการผลิตน้ำหวานเข้มข้นของโรงงาน มีข้อจำกัดดังนี้

1. ข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้า

ปริมาณยอดซื้อน้ำหวานเข้มข้นแต่ละชนิด(ต่อโหลต่อเดือน) โดยทางโรงงานจะผลิตน้ำหวานแต่ละกลิ่น ไม่ต่ำกว่าค่าพยากรณ์จากตารางที่ 4.68 เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

X_1	\geq	13,037
X_2	\geq	2,614
X_3	\geq	1,560
X_4	\geq	1,050
X_5	\geq	1,501
X_6	\geq	495
X_7	\geq	250
X_8	\geq	1,001
X_9	\geq	465
X_{10}	\geq	1,565
X_{11}	\geq	990

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ข้อจำกัดด้านเครื่องจักร

ข้อจำกัดด้านเครื่องจักรของโรงงานมี 2 ประการ ดังนี้

2.1 เวลาที่ใช้ในการต้มวัตถุดิบ

เวลาที่ใช้ในการต้มวัตถุดิบไม่ต่ำกว่า 780 ชั่วโมงต่อเดือน เพื่อให้ได้น้ำหวานตามคุณภาพที่โรงงานต้องการ พบว่าน้ำหวานแต่ละกลิ่น ใช้เวลาต้มกลิ่นละ 0.0213 ชั่วโมงต่อโหล เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$0.0213X_1 + 0.0213X_2 + 0.0213X_3 + 0.0213X_4 + 0.0213X_5 + 0.0213X_6 + 0.0213X_7 + 0.0213X_8 + 0.0213X_9 + 0.0213X_{10} + 0.0213X_{11} \geq 780$$

2.2 เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น

เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นไม่ต่ำกว่า 234 ชั่วโมงต่อเดือน เพื่อให้ได้น้ำหวานตามคุณภาพที่โรงงานต้องการ พบว่าน้ำหวานแต่ละกลิ่นใช้เวลาในการหล่อเย็นเพื่อให้อุณหภูมิลดลงไม่เท่ากัน เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$0.0078X_1 + 0.0064X_2 + 0.0064X_3 + 0.0043X_4 + 0.0057X_5 + 0.0050X_6 + 0.0050X_7 + 0.0085X_8 + 0.0057X_9 + 0.0071X_{10} + 0.0050X_{11} \geq 234$$

3. ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ

ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบของโรงงานที่เกี่ยวข้องมี 2 ประการ ดังนี้

3.1 สารให้ความหวาน (แอสพาเทม)

สารให้ความหวานที่ใช้ในการผลิตไม่เกิน 664 กิโลกรัมต่อเดือน เนื่องจากเป็นไปตามข้อกำหนดทางกฎหมายที่ระบุไว้ว่าห้ามใส่สารให้ความหวานเกินปริมาณที่กำหนด พบว่าน้ำหวานแต่ละกลิ่นใช้สารให้ความหวานในปริมาณที่แตกต่างกัน เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$0.0125X_1 + 0.0122X_2 + 0.0112X_3 + 0.0095X_4 + 0.0102X_5 + 0.0110X_6 + 0.0095X_7 + 0.0112X_8 + 0.0110X_9 + 0.0112X_{10} + 0.0102X_{11} \leq 664$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 งบประมาณ

งบประมาณที่ใช้ในการผลิตไม่เกิน 481 กิโลกรัมต่อเดือน เนื่องจากข้อกำหนดด้านกฎหมายที่กำหนดไว้ว่าไม่สามารถใส่กรรมนาวเกินปริมาณที่กำหนด พบว่าน้ำหวานที่มีรสเปรี้ยวเท่านั้นจึงจะใส่กรรมนาว ได้แก่น้ำหวานกลิ่น ส้ม(X_3), สับปะรด(X_5) และลิ้นจี่(X_{11}) โดยสัดส่วนของกรรมนาวที่ใช้ในแต่ละกลิ่นไม่เท่ากัน เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$0.0636X_3 + 0.0538X_5 + 0.0364X_{11} \leq 481$$

4. ข้อจำกัดด้านการผลิตสูงสุด

ปริมาณกำลังการผลิตน้ำหวานเข้มข้นแต่ละชนิด เขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$X_1 \leq 35100$$

$$X_2 \leq 9360$$

$$X_3 \leq 8190$$

$$X_4 \leq 7839$$

$$X_5 \leq 6435$$

$$X_6 \leq 5850$$

$$X_7 \leq 4680$$

$$X_8 \leq 4212$$

$$X_9 \leq 3510$$

$$X_{10} \leq 4095$$

$$X_{11} \leq 6198$$

และ $X_i \geq 0$ เมื่อ $i = 1, 2, \dots, 11$

จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปร 11 ตัวแปร และฟังก์ชันเงื่อนไข 26 ฟังก์ชัน นำตัวแบบไปวิเคราะห์หาจำนวนผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่จะทำการผลิตในแต่ละเดือน ด้วยเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Tora (ภาคผนวก ข) ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.71

ตารางที่ 4.71 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแต่ละเดือน ในปริมาณที่เหมาะสมในช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณปกติ

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต(โหล)
1	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	13,037
2	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โซดา	2,614
3	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	2,475
4	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	7,839
5	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	5,345
6	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	495
7	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย	250
8	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	1,545
9	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วย	465
10	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	1,565
11	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	990

เมื่อนำปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแต่ละเดือนในปริมาณที่เหมาะสมนำไปแทนในสมการวัตถุประสงค์ จะทำให้บริษัทเสียค่าใช้จ่ายต้นทุนต่ำที่สุด คือ 4,427,728 บาทต่อเดือน

4.3 ผลการวิเคราะห์ความไว

จากข้อสมมติของการโปรแกรมเชิงเส้น ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบจะต้องเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง แต่ในทางปฏิบัติค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องนั้นมักได้มาจากการประมาณค่าที่ดีที่สุดหรืออาจเป็นค่าจริงแต่มีการเปลี่ยนแปลงในค่าตัวเลขอยู่ตลอดเวลา จึงต้องทำการวิเคราะห์ความไว เพื่อตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหาที่ตั้งขึ้นนี้ สามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจผลิตผลิตภัณฑ์ เมื่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆ อยู่ในช่วงใด การวิเคราะห์ความไวจะช่วยให้ฝ่ายผลิตตัดสินใจได้ว่าควรจะใช้ตัวแบบเดิมต่อไป หรือจะต้องคำนวณหาจำนวนผลิตภัณฑ์ในการผลิตที่เหมาะสมใหม่

การวิเคราะห์ความไวในปัญหาพิเศษนี้จะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และข้อจำกัดเปลี่ยนแปลงไปนั้นคือ มีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จะวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปTora และทำใน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก และช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาปกติ มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก

4.3.1.1 การวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์

การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ทำให้ตัวแบบเดิมยังคงใช้ได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรทีละตัว สามารถเป็นไปได้ในช่วงต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.72

ตารางที่ 4.72 ผลการวิเคราะห์ความไวช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก

ผลิตภัณฑ์	ช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์	
	ต่ำสุด(บาท)	สูงสุด(บาท)
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชดา	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วย	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	0	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	0	infinity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.2 การวิเคราะห์ความไวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัด

ตัวแบบเดิมที่คำนวณได้จะยังคงใช้ได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวาทีละ 1 ตัว ถ้าเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัดอยู่ในช่วง ดังนี้

ข้อจำกัด

1. ข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้า (โหลต่อเดือน)

X_1	\geq	29,082 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 10,996 ถึง 30,264)
X_2	\geq	6,017 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 7,228)
X_3	\geq	3,482 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 3,516)
X_4	\geq	2,319 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 3,874)
X_5	\geq	3,262 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 3,303)
X_6	\geq	1,087 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,430)
X_7	\geq	544 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,099)
X_8	\geq	2,175 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 3,494)
X_9	\geq	965 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,308)
X_{10}	\geq	3,524 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 4,095)
X_{11}	\geq	2,249 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,309)

2. ข้อจำกัดด้านเครื่องจักร (ชั่วโมงต่อเดือน)

1. เวลาที่ใช้ในการตัดวัสดุดิบ (เวลาที่ใช้ในการตัดวัสดุดิบไม่เกิน 1,165)
2. เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น (เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นไม่เกิน 384)

3. ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ (กิโลกรัมต่อเดือน)

1. สารให้ความหวาน (ปริมาณสารให้ความหวานตั้งแต่ 649 ขึ้นไป)
2. กรดมะนาว (ปริมาณกรดมะนาวตั้งแต่ 479 ขึ้นไป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิตสูงสุด (โหลต่อเดือน)

X_1	\leq	35,100	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 29,082 ขึ้นไป)
X_2	\leq	9,360	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 6,017 ขึ้นไป)
X_3	\leq	8,190	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 3,482 ขึ้นไป)
X_4	\leq	7,839	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,319 ขึ้นไป)
X_5	\leq	6,435	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 3,262 ขึ้นไป)
X_6	\leq	5,850	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 1,087 ขึ้นไป)
X_7	\leq	4,680	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 544 ขึ้นไป)
X_8	\leq	4,212	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,175 ขึ้นไป)
X_9	\leq	3,510	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 965 ขึ้นไป)
X_{10}	\leq	4,095	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 3,524 ขึ้นไป)
X_{11}	\leq	6,198	(ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,249 ขึ้นไป)

4.3.2 ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณปกติ

4.3.2.1 การวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์

การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ทำให้ตัวแบบเดิมยังคงใช้ได้ สามารถเป็นไปได้ในช่วงต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.73

ตารางที่ 4.73 ผลการวิเคราะห์ความไวการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ทำให้ตัวแบบเดิมยังคงใช้ได้ สามารถเป็นไปได้ในช่วงต่างๆ ในช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณปกติ

ผลิตภัณฑ์	ช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์	
	ต่ำสุด(บาท)	สูงสุด(บาท)
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	114	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชดา	114	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	114	114
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	0	114
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	114	114
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	114	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย	114	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	114	122
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	114	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	114	infinity
น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	114	infinity

4.3.1.2 การวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัด

ตัวแบบเดิมที่คำนวณได้จะยังคงใช้ได้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวาทีละ 1 ตัว ถ้าเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัดอยู่ในช่วง ดังนี้

ข้อจำกัด

1. ข้อจำกัดด้านความต้องการลูกค้า (โหลต่อเดือน)

$$X_1 \geq 13,037 \text{ (ปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 11,455 ถึง 13,645)}$$

$$X_2 \geq 2,614 \text{ (ปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 2,087 ถึง 3,409)}$$

$$X_3 \geq 1,560 \text{ (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,475)}$$

$$X_4 \geq 1,050 \text{ (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 7,839)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X_5	\geq	1,501 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 5,345)
X_6	\geq	495 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 179 ถึง 1,619)
X_7	\geq	250 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 1,374)
X_8	\geq	1,001 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 1,545)
X_9	\geq	165 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 69 ถึง 1,405)
X_{10}	\geq	1,565 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 774 ถึง 2,254)
X_{11}	\geq	990 (ปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 504 ถึง 2,702)

2. ข้อจำกัดด้านเครื่องจักร (ชั่วโมงต่อเดือน)

1. เวลาที่ใช้ในการตัดวัสดุคืบ (เวลาที่ใช้ในการตัดวัสดุคืบอยู่ในช่วง 770 ถึง 783)
2. เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น (เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นอยู่ในช่วง 233 ถึง 238)

3. ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ (กิโลกรัมต่อเดือน)

1. สารให้ความหวาน (ปริมาณสารให้ความหวานตั้งแต่ 412 ขึ้นไป)
2. กรดมะนาว (ปริมาณกรดมะนาวอยู่ในช่วง 459 ถึง 532)

4. ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิตสูงสุด (โหลต่อเดือน)

X_1	\leq	35,100 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 13,037 ขึ้นไป)
X_2	\leq	9,360 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,614 ขึ้นไป)
X_3	\leq	8,190 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,475 ขึ้นไป)
X_4	\leq	7,839 (ปริมาณกำลังการผลิตอยู่ในช่วง 7,575 ถึง 8,776)
X_5	\leq	6,435 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 5,345 ขึ้นไป)
X_6	\leq	5,850 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 495 ขึ้นไป)
X_7	\leq	4,680 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 250 ขึ้นไป)
X_8	\leq	4,212 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 1,545 ขึ้นไป)
X_9	\leq	3,510 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 465 ขึ้นไป)
X_{10}	\leq	4,095 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 1,565 ขึ้นไป)
X_{11}	\leq	6,198 (ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 990 ขึ้นไป)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์ และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ ได้ศึกษาระบบการผลิตสินค้าน้ำหวานเข้มข้นของบริษัทชินทรัพย์ จำกัด ที่ดำเนินธุรกิจการผลิต และการจำหน่ายสินค้าน้ำหวานเข้มข้น และน้ำหวานพร้อมดื่ม ซึ่งในแต่ละเดือนฝ่ายผลิตจะต้องทำการตัดสินใจว่าจะต้องผลิตสินค้าแต่ละชนิดเป็นจำนวนเท่าใด ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ ในการผลิต ได้แก่ ข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้า ข้อจำกัดด้านเครื่องจักร ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ ข้อจำกัดด้านกำลังการผลิต โดยที่คุณภาพสินค้ายังคงเดิม จึงได้นำความรู้ด้านการวิจัยดำเนินงาน(Operations Research) โดยเฉพาะเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น มาประยุกต์ใช้กับปัญหานี้ เพื่อเป็นแนวทางให้ฝ่ายผลิตใช้ประกอบการตัดสินใจในการผลิตว่าในแต่ละเดือนจะผลิตสินค้าเป็นจำนวนเท่าใด เพื่อให้ต้นทุนค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

5.1.1 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าพยากรณ์ยอดขายของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

ในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ได้เลือกใช้เทคนิคของบ็อกซ์และเจนกินส์ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาขายผลิตภัณฑ์ต่อเดือน โดยจากการพยากรณ์ยอดขายน้ำหวานเข้มข้น 11 ชนิดจะได้ผลการวิเคราะห์รูปแบบการพยากรณ์ชนิดต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 5.1 สรุปรูปแบบสมการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นต่าง ๆ

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	รูปแบบสมการพยากรณ์
1	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	SARIMA(1,1,1) ₁₂
2	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมช็อค	ARIMA(0,0,1)× SARIMA(1,1,1) ₁₂
3	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	SARIMA(0,1,1) ₁₂
4	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	ARIMA(1,0,0)× SARIMA(0,1,1) ₁₂
5	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	SARIMA(0,1,1) ₁₂
6	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	SARIMA(0,1,1) ₁₂
7	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วย	SARIMA(0,1,1) ₁₂
8	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	SARIMA(0,1,1) ₁₂
9	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอม	ARMA(1,0,0)× SARIMA(0,1,1) ₁₂
10	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	SARIMA(0,1,1) ₁₂
11	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	SARIMA(0,1,1) ₁₂

5.1.2 สรุปผลการวิเคราะห์การโปรแกรมเชิงเส้น

จากการใช้เทคนิคการ โปรแกรมเชิงเส้นวิเคราะห์หาจำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นที่เหมาะสม โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก และช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาปกติ โดยการวิเคราะห์จะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Tora ในการวิเคราะห์ สามารถสรุปผล ดังนี้

5.1.2.1 ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก

จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปร 11 ตัวแปร และฟังก์ชันเงื่อนไข 26 ฟังก์ชัน นำตัวแบบไปวิเคราะห์หาจำนวนผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่จะทำการผลิตแต่ละกลิ่นในแต่ละเดือน ด้วยเทคนิคการ โปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Tora ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละกลิ่นแต่ละเดือนในปริมาณที่เหมาะสมในช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต(โหล)
1	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	29,082
2	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชคา	6,017
3	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	3,482
4	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	2,319
5	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	3,262
6	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	1,087
7	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบัว	544
8	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	2,175
9	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วย	965
10	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	3,524
11	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	2,249

เมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือนดังตารางข้างต้น จะทำให้บริษัทเสียค่าใช้จ่ายต้นทุนต่ำที่สุด คือ 7,075,518 บาทต่อเดือน

5.1.2.2 ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณปกติ

จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยตัวแปร 11 ตัวแปร และฟังก์ชันเงื่อนไข 26 สมการ นำตัวแบบไปวิเคราะห์หาจำนวนผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่จะทำการผลิตแต่ละกลิ่นในแต่ละเดือน ด้วยเทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปTora ผลการวิเคราะห์สรุปได้ดังตารางที่ 5.3

**ตารางที่ 5.3 ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละกลิ่นแต่ละเดือนในปริมาณที่เหมาะสมในช่วงเวลา
ความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณปกติ**

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต(โหล)
1	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ	13,037
2	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชคา	2,614
3	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม	2,475
4	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ	7,839
5	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด	5,345
6	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ	495
7	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบัว	250
8	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่	1,545
9	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วย	465
10	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น	1,565
11	น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่	990

เมื่อทำการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือนดังตารางข้างต้น จะทำให้บริษัทเสียค่าใช้จ่ายต้นทุน
ต่ำที่สุด คือ 4,427,728 บาทต่อเดือน

5.1.3 สรุปผลการวิเคราะห์ความไว

จากข้อสมมติของการโปรแกรมเชิงเส้น ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบจะต้องเป็นค่าคงที่ค่า
หนึ่ง แต่ในทางปฏิบัติค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องนั้นมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเลขอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้
ส่งผลต่อบทสรุปของการวิเคราะห์ จึงต้องทำการวิเคราะห์ความไว เพื่อตรวจสอบว่ารูปแบบปัญหา
ที่ตั้งขึ้นนี้ สามารถนำมาใช้ในการตัดสินใจผลิตผลิตภัณฑ์ เมื่อค่าพารามิเตอร์ต่างๆอยู่ในช่วงใด การ
วิเคราะห์ความไวจะช่วยให้ฝ่ายผลิตตัดสินใจได้ว่าควรจะใช้ตัวแบบเดิมต่อไป หรือจะต้อง
คำนวณหาจำนวนผลิตภัณฑ์ในการผลิตที่เหมาะสมใหม่

การวิเคราะห์ความไวในปัญหาพิเศษนี้จะแบ่งเป็น 2 กรณี คือ การเปลี่ยนแปลงค่า
สัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และข้อจำกัดเปลี่ยนแปลงไปนั่นคือ มีการ
เปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความไวของพารามิเตอร์จะวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปTora และทำใน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก และช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาปกติ มีรายละเอียดดังนี้

1. ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณมาก

1. การวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์

การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ไม่ส่งผลต่อจำนวนผลิตภัณฑ์น้ำหวานเข้มข้นที่จะทำการผลิตในแต่ละเดือน

2. การวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัด

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะยังคงเป็นตัวแบบเดิม เมื่อเลขทางด้านขวายังมีค่าอยู่ในช่วงดังนี้

ข้อจำกัด

1. ข้อจำกัดด้านความต้องการของลูกค้า (หน่วยเป็นโหลต่อเดือน)

1. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 10,996 ถึง 30,264
2. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม ไซดาปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 7,728
3. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้มปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 3,516
4. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 3,874
5. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรดปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 3,303
6. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,430
7. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบัวปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,099
8. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 3,494
9. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอมปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,308
10. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่นปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 4,095
11. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,309

2. ข้อจำกัดด้านเครื่องจักร (หน่วยเป็นชั่วโมงต่อเดือน)

1. เวลาที่ใช้ในการต้มวัตถุดิบไม่เกิน 1,165
2. เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นไม่เกิน 384

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ (หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเดือน)

1. ปริมาณสารให้ความหวานตั้งแต่ 649 ขึ้นไป
2. ปริมาณกรดมะนาวตั้งแต่ 479 ขึ้นไป

4. ข้อจำกัดด้านการผลิตสูงสุด (หน่วยเป็นโหลต่อเดือน)

1. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 29,082 ขึ้นไป
2. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชดาปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 6,017 ขึ้นไป
3. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้มปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 3,482 ขึ้นไป
4. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,319 ขึ้นไป
5. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรดปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 3,262 ขึ้นไป
6. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 1,087 ขึ้นไป
7. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วยปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 544 ขึ้นไป
8. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,175 ขึ้นไป
9. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอมปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 965 ขึ้นไป
10. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่นปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 3,524 ขึ้นไป
11. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,249 ขึ้นไป

2. ช่วงความต้องการผลิตภัณฑ์ในปริมาณปกติ

1. การวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์

การเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ทำให้ตัวแบบเดิมยังคงใช้ได้ แบ่งเป็นกรณีดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรตั้งแต่ 114 บาทขึ้นไป ได้แก่ น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ, กลิ่นครีม โชดา, กลิ่นกาแฟ, กลิ่นบ๊วย, กลิ่นกล้วยหอม, กลิ่นองุ่นและกลิ่นลิ้นจี่
2. ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรไม่เกิน 114 บาท ได้แก่ น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ
3. ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอยู่ในช่วงนี้ 114 ถึง 122 บาท ได้แก่ น้ำหวานกลิ่นบลูเบอร์รี่เท่านั้น
4. ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเท่ากับ 114 บาทเท่านั้น ได้แก่ น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้มและกลิ่นสับปะรด

2. การวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัด
ตัวแบบเดิมที่คำนวณได้จะยังคงใช้ได้ ถ้าเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัดอยู่ในช่วง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อจำกัด

1. ข้อจำกัดด้านความต้องการลูกค้า (หน่วยเป็นโหลต่อเดือน)

1. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 11,455 ถึง 13,645
2. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชคาปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 2,087 ถึง 3,409
3. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้มปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 2,475
4. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 7,839
5. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรดปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 5,345
6. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 179 ถึง 1,619
7. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วยปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 1,374
8. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่ปริมาณความต้องการของลูกค้าไม่เกิน 1,545
9. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอมปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 69 ถึง 1,405
10. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่นปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 774 ถึง 2,254
11. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่ปริมาณความต้องการของลูกค้าอยู่ในช่วง 504 ถึง 2,702

2. ข้อจำกัดด้านเครื่องจักร (หน่วยเป็นชั่วโมงต่อเดือน)

1. เวลาที่ใช้ในการต้มวัตถุดิบอยู่ในช่วง 770 ถึง 783
2. เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นอยู่ในช่วง 233 ถึง 238

3. ข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ (หน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเดือน)

1. ปริมาณสารให้ความหวานตั้งแต่ 412 ขึ้นไป
2. ปริมาณกรดมะนาวอยู่ในช่วง 459 ถึง 532

4. ข้อจำกัดด้านการผลิตสูงสุด (หน่วยเป็นโหลต่อเดือน)

1. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสละปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 13,037 ขึ้นไป
2. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีม โชคาปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,614 ขึ้นไป
3. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้มปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 2,475 ขึ้นไป
4. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิปริมาณกำลังการผลิตอยู่ในช่วง 7,575 ถึง 8,776
5. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรดปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 5,345 ขึ้นไป
6. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 495 ขึ้นไป
7. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบ๊วยปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 250 ขึ้นไป
8. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นบลูเบอร์รี่ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 1,545 ขึ้นไป
9. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วยหอมปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 465 ขึ้นไป
10. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่นปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 1,565 ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงวันเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. น้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่ปริมาณกำลังการผลิตตั้งแต่ 990 ขึ้นไป

5.2 ปัญหาที่พบในการศึกษาปัญหาพิเศษ

1. จากการศึกษากระบวนการผลิตของโรงงาน ไม่สามารถเก็บข้อมูลทางด้านแรงงานได้ เนื่องจากโรงงานไม่มีการเก็บข้อมูล และขีดจำกัดอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อการผลิตไว้ เช่น สภาพเศรษฐกิจ ซึ่งมีผลเกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิต จึงอาจจะส่งผลให้สรุปในการศึกษานี้ไม่สอดคล้องตามความเป็นจริงเท่าที่ควร

2. การเก็บข้อมูลที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากข้อมูลจากทางโรงงาน ไม่ได้มีการบันทึกอย่างละเอียดในทุกขั้นตอน ทำให้ข้อมูลบางค่าอาจคลาดเคลื่อนได้

3. เนื่องจากมีโปรแกรมสำเร็จรูปหลายโปรแกรม จึงทำให้ต้องใช้เวลาที่จะเลือกโปรแกรมที่เหมาะสมต่อการวิจัยครั้งนี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปัญหาพิเศษ มีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่จะศึกษาปัญหาในลักษณะเดียวกันดังนี้

1. ควรศึกษาข้อจำกัดด้านอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น ข้อจำกัดด้านแรงงาน, ด้านต้นทุนที่ผันตามสภาพเศรษฐกิจ เป็นต้น

2. ควรนำปัญหาผลิตภัณฑ์คงคลังมาพิจารณาด้วยเพื่อการวางแผนการผลิตได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา .2532 . การวิจัยขั้นดำเนินงานและการประยุกต์ :OPERATIONS

RESEARCH AND APPLICATION : กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรณิการ์ สัทธรรมวิไล และคณะ. 2538. การประยุกต์ใช้การโปรแกรมเชิงเส้นกับการแก้ปัญหาการผลิตของ บริษัท อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาจำกัด. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เกศินี วิฑูรชาติ และคณะ .2536.การวิเคราะห์เชิงปริมาณทางธุรกิจ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ธรรมศาสตร์.

ณาดชา ธรรมานุสร และคณะ . 2546 . การสร้างตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์การโปรแกรมเชิงเส้นเพื่อใช้สำหรับวิเคราะห์วางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์จากนมโคของโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดา และวิธีการโปรแกรมเป้าหมาย . ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ทรงศิริ แต่สมบัติ .2549. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรีชาภรณ์ ธรรมชูเชาวรัตน์ และคณะ. 2549. การสร้างตัวแบบการโปรแกรมเชิงเส้นสำหรับการวางแผนการผลิตไม้ดอกดอกชวนชม. การประชุมวิชาการการวิจัยดำเนินงาน 2549 ณ โรงแรมหอลลูส์แทเวิร์น ดอนเมือง กรุงเทพมหานคร

ปิยรัตน์ ศิริศุภานนท์ และคณะ. 2549. การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับธุรกิจและอุตสาหกรรมในส่วนภูมิภาค. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พรทิพย์ ฉัตรชัยพันธ์ . 2548. การเปรียบเทียบพยากรณ์ราคาขางพารา โดยวิธีบอกซ์และเจนกินส์วิธีทรานสเฟอร์ฟังก์ชันและวิธีโครงข่ายประสาทเทียมปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

ยุทธพงษ์ ไกยวรรณ .2543 . การบริหารและระบบการผลิต . กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อกรุงเทพฯ

วัชรินทร์ เป็ยสกุล .2549. การพยากรณ์และการวางแผนการผลิตรวม กรณีศึกษาบริษัทกะทิสด

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา การจัดการ โลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการ
และนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

วัลย์ลักษณ์ อัครีวงศ์ .2547 . การวิจัยดำเนินงาน 2 . กรุงเทพฯ : โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สมศรี บัณฑิตวิไล .2548. การวิจัยดำเนินงาน1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถิติประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ยอดขายสินค้านำหวานเข้มข้น

1. ยอดขายนำหวานเข้มข้นกลิ่นสละ

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	10,437	12,146	10,623	11,743	12,325	10,267	11,731	11,591
กุมภาพันธ์	16,123	18,268	17,393	17,655	17,057	26,152	18,912	19,375
มีนาคม	26,037	29,890	26,975	33,172	42,702	31,003	43,645	38,223
เมษายน	25,612	29,370	27,064	35,376	40,229	25,609	31,054	29,323
พฤษภาคม	13,045	16,583	13,425	25,975	15,957	20,675	21,738	18,966
มิถุนายน	9,045	9,437	9,237	13,451	9,320	12,902	13,053	14,763
กรกฎาคม	8,893	10,031	8,551	9,455	11,668	11,100	11,054	10,889
สิงหาคม	8,037	8,771	7,392	10,166	8,659	7,802	11,991	10,359
กันยายน	6,612	7,842	6,604	10,262	10,398	8,594	12,955	12,432
ตุลาคม	9,939	11,048	9,973	12,965	12,139	10,343	11,325	
พฤศจิกายน	8,935	12,040	9,156	13,076	13,784	9,209	16,734	
ธันวาคม	8,393	9,892	9,799	9,119	8,776	5,826	14,310	

2. ยอดขายน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นครีมโซดา

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	2,087	2,650	2,337	2,392	2,465	1,974	2,530	2,406
กุมภาพันธ์	3,225	3,986	3,826	3,596	3,411	5,029	4,079	4,021
มีนาคม	5,207	6,521	5,935	6,757	8,540	5,962	9,414	7,933
เมษายน	5,122	6,408	5,954	7,206	8,046	4,925	6,698	6,086
พฤษภาคม	2,609	3,618	2,954	5,291	3,191	3,976	4,689	3,936
มิถุนายน	1,809	2,059	2,032	2,740	1,864	2,481	2,815	3,064
กรกฎาคม	1,779	2,189	1,881	1,926	2,334	2,135	2,384	2,260
สิงหาคม	1,607	1,914	1,626	2,071	1,732	1,500	2,586	2,150
กันยายน	1,322	1,711	1,453	2,090	2,080	1,653	2,794	2,580
ตุลาคม	1,988	2,410	2,194	2,641	2,428	1,989	2,443	
พฤศจิกายน	1,787	2,627	2,014	2,664	2,757	1,771	3,609	
ธันวาคม	1,679	2,158	2,156	1,858	1,755	1,120	3,086	

3. ยอดขายน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นส้ม

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	1,461	1,546	1,487	1,305	1,345	1,382	1,380	1,531
กุมภาพันธ์	2,257	2,325	2,435	1,962	1,861	3,521	2,225	2,559
มีนาคม	3,645	3,804	3,777	3,686	4,658	4,174	5,135	5,048
เมษายน	3,586	3,738	3,789	3,931	4,389	3,447	3,653	3,873
พฤษภาคม	1,826	2,111	1,880	2,886	1,741	2,783	2,557	2,505
มิถุนายน	1,266	1,201	1,293	1,495	1,017	1,737	1,536	1,950
กรกฎาคม	1,245	1,277	1,197	1,051	1,273	1,494	1,301	1,438
สิงหาคม	1,125	1,116	1,035	1,130	945	1,050	1,411	1,368
กันยายน	926	998	924	1,140	1,134	1,157	1,524	1,642
ตุลาคม	1,391	1,406	1,396	1,441	1,324	1,392	1,332	
พฤศจิกายน	1,251	1,532	1,282	1,453	1,504	1,240	1,969	
ธันวาคม	1,175	1,259	1,372	1,013	957	784	1,684	

4. ยอดขายน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นมะลิ

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	1,044	883	1,062	870	896	790	1,150	875
กุมภาพันธ์	1,612	1,329	1,739	1,308	1,240	2,012	1,854	1,462
มีนาคม	2,604	2,174	2,698	2,457	3,106	2,385	4,279	2,885
เมษายน	2,561	2,136	2,706	2,620	2,926	1,970	3,045	2,213
พฤษภาคม	1,304	1,206	1,343	1,924	1,161	1,590	2,131	1,431
มิถุนายน	905	686	924	996	678	992	1,280	1,114
กรกฎาคม	889	730	855	700	849	854	1,084	822
สิงหาคม	804	638	739	753	630	600	1,176	782
กันยายน	661	570	660	760	756	661	1,270	938
ตุลาคม	994	803	997	960	883	796	1,110	
พฤศจิกายน	894	876	916	969	1,002	708	1,641	
ธันวาคม	839	719	980	675	638	448	1,403	

5. ยอดขายน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นสับปะรด

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	1,252	1,325	1,275	1,305	1,345	1,185	1,380	1,312
กุมภาพันธ์	1,935	1,993	2,087	1,962	1,861	3,018	2,225	2,193
มีนาคม	3,124	3,261	3,237	3,686	4,658	3,577	5,135	4,327
เมษายน	3,073	3,204	3,248	3,931	4,389	2,955	3,653	3,320
พฤษภาคม	1,565	1,809	1,611	2,886	1,741	2,386	2,557	2,147
มิถุนายน	1,085	1,030	1,108	1,495	1,017	1,489	1,536	1,671
กรกฎาคม	1,067	1,094	1,026	1,051	1,273	1,281	1,301	1,233
สิงหาคม	964	957	887	1,130	945	900	1,411	1,173
กันยายน	793	856	792	1,140	1,134	992	1,524	1,407
ตุลาคม	1,193	1,205	1,197	1,441	1,324	1,193	1,332	
พฤศจิกายน	1,072	1,313	1,099	1,453	1,504	1,063	1,969	
ธันวาคม	1,007	1,079	1,176	1,013	957	672	1,684	

6. ยอดขายน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกาแฟ

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	417	442	425	435	448	395	460	437
กุมภาพันธ์	645	664	696	654	620	1,006	742	731
มีนาคม	1,041	1,087	1,079	1,229	1,553	1,192	1,712	1,442
เมษายน	1,024	1,068	1,083	1,310	1,463	985	1,218	1,107
พฤษภาคม	522	603	537	962	580	795	852	716
มิถุนายน	362	343	369	498	339	496	512	557
กรกฎาคม	356	365	342	350	424	427	434	411
สิงหาคม	321	319	296	377	315	300	470	391
กันยายน	264	285	264	380	378	331	508	469
ตุลาคม	398	402	399	480	441	398	444	
พฤศจิกายน	357	438	366	484	501	354	656	
ธันวาคม	336	360	392	338	319	224	561	

7. ยอดขายนำหวานเข้มข้นลิ้นบี๊วย

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	209	221	212	217	224	197	230	219
กุมภาพันธ์	322	332	348	327	310	503	371	366
มีนาคม	521	543	540	614	776	596	856	721
เมษายน	512	534	541	655	731	492	609	553
พฤษภาคม	261	302	269	481	290	398	426	358
มิถุนายน	181	172	185	249	169	248	256	279
กรกฎาคม	178	182	171	175	212	213	217	205
สิงหาคม	161	159	148	188	157	150	235	195
กันยายน	132	143	132	190	189	165	254	235
ตุลาคม	199	201	199	240	221	199	222	
พฤศจิกายน	179	219	183	242	251	177	328	
ธันวาคม	168	180	196	169	160	112	281	

8. ยอดขายนำหวานเข้มข้นกลีบลูเบอร์รี่

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	835	883	850	870	896	790	920	875
กุมภาพันธ์	1,290	1,329	1,391	1,308	1,240	2,012	1,483	1,462
มีนาคม	2,083	2,174	2,158	2,457	3,106	2,385	3,423	2,885
เมษายน	2,049	2,136	2,165	2,620	2,926	1,970	2,436	2,213
พฤษภาคม	1,044	1,206	1,074	1,924	1,161	1,590	1,705	1,431
มิถุนายน	724	686	739	996	678	992	1,024	1,114
กรกฎาคม	711	730	684	700	849	854	867	822
สิงหาคม	643	638	591	753	630	600	940	782
กันยายน	529	570	528	760	756	661	1,016	938
ตุลาคม	795	803	798	960	883	796	888	
พฤศจิกายน	715	876	732	969	1,002	708	1,312	
ธันวาคม	671	719	784	675	638	448	1,122	

9. ยอดขายน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นกล้วย

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	313	331	319	326	336	395	460	328
กุมภาพันธ์	484	498	522	490	465	1,006	742	548
มีนาคม	781	815	809	921	1,165	1,192	1,712	1,082
เมษายน	768	801	812	983	1,097	985	1,218	830
พฤษภาคม	391	452	403	722	435	795	852	537
มิถุนายน	271	257	277	374	254	496	512	418
กรกฎาคม	267	274	257	263	318	427	434	308
สิงหาคม	241	239	222	282	236	300	470	293
กันยายน	198	214	198	285	284	331	508	352
ตุลาคม	298	301	299	360	331	398	444	
พฤศจิกายน	268	328	275	363	376	354	656	
ธันวาคม	252	270	294	253	239	224	561	

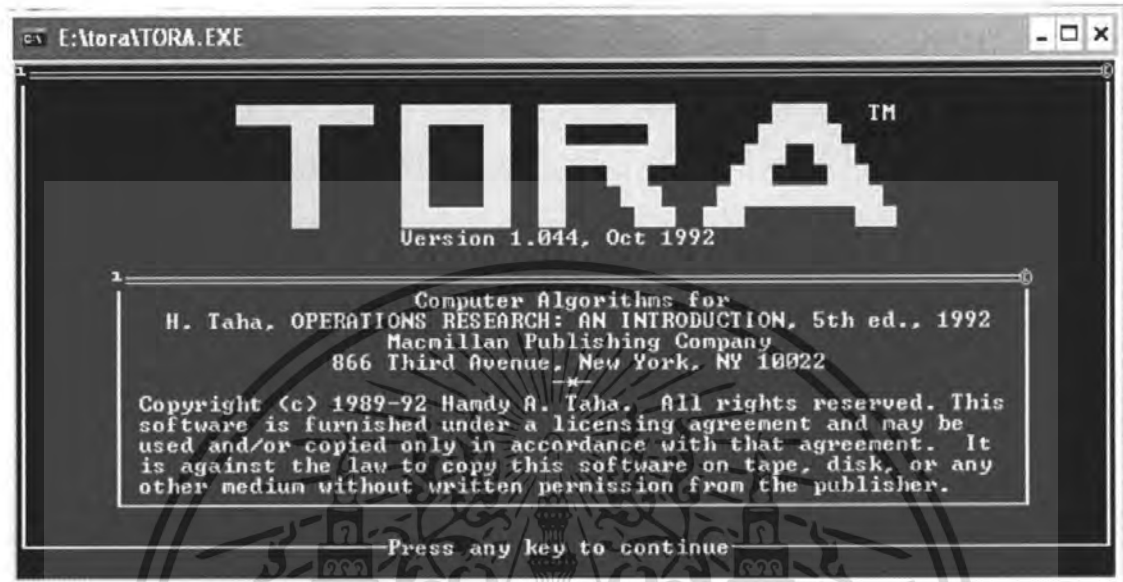
10. ยอดขายน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นองุ่น

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	1,566	1,435	1,593	1,522	1,345	1,382	1,495	1,422
กุมภาพันธ์	2,418	2,159	2,609	2,289	1,861	3,521	2,410	2,376
มีนาคม	3,906	3,532	4,046	4,300	4,658	4,174	5,563	4,688
เมษายน	3,842	3,471	4,060	4,586	4,389	3,447	3,958	3,596
พฤษภาคม	1,957	1,960	2,014	3,367	1,741	2,783	2,770	2,326
มิถุนายน	1,357	1,115	1,385	1,744	1,017	1,737	1,664	1,811
กรกฎาคม	1,334	1,186	1,283	1,226	1,273	1,494	1,409	1,335
สิงหาคม	1,206	1,037	1,109	1,318	945	1,050	1,528	1,270
กันยายน	992	927	991	1,330	1,134	1,157	1,651	1,525
ตุลาคม	1,491	1,306	1,496	1,681	1,324	1,392	1,443	
พฤศจิกายน	1,340	1,423	1,373	1,695	1,504	1,240	2,133	
ธันวาคม	1,259	1,169	1,470	1,182	957	784	1,824	

11. ยอดขายน้ำหวานเข้มข้นกลิ่นลิ้นจี่

เดือน	2543	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550
มกราคม	939	994	956	979	896	790	920	984
กุมภาพันธ์	1,451	1,495	1,565	1,471	1,240	2,012	1,483	1,645
มีนาคม	2,343	2,446	2,428	2,764	3,106	2,385	3,423	3,245
เมษายน	2,305	2,403	2,436	2,948	2,926	1,970	2,436	2,490
พฤษภาคม	1,174	1,357	1,208	2,165	1,161	1,590	1,705	1,610
มิถุนายน	814	772	831	1,121	678	992	1,024	1,253
กรกฎาคม	800	821	770	788	849	854	867	925
สิงหาคม	723	718	665	847	630	600	940	880
กันยายน	595	642	594	855	756	661	1,016	1,056
ตุลาคม	895	904	898	1,080	883	796	888	
พฤศจิกายน	804	985	824	1,090	1,002	708	1,312	
ธันวาคม	755	809	882	760	638	448	1,122	

ภาคผนวก ข
หน้าจอประมวลผล



รูปที่ ข.1 ภาพหน้าจอโปรแกรม TORA



รูปที่ ข.2 เลือกเมนูคำสั่ง Linear Programming ของ โปรแกรม TORA เพื่อเข้าสู่การวิเคราะห์ด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กรณีช่วงความต้องการสินค้าในปริมาณมาก

ผลของปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดแต่ละเดือนในปริมาณที่เหมาะสมในช่วงความต้องการสินค้าในปริมาณมาก

```

project                               min                               Final Iteration No: 14
*** OPTIMUM SOLUTION SUMMARY ***
Obj value = 7075518.0000
Variable      Value      Obj Coeff  Obj Val Contrib  Reduced Cost
x1            29002.0000   130.0000   4013316.0000    0.0000
x2            6017.0000   120.0000   722040.0000     0.0000
x3            3482.0000   114.0000   396748.0000     0.0000
x4            2319.0000    96.0000   222624.0000     0.0000
x5            3262.0000   114.0000   371068.0000     0.0000
x6            1087.0000   138.0000   150006.0000     0.0000
x7             544.0000   120.0000    65280.0000     0.0000
x8            2175.0000   114.0000   247950.0000     0.0000
x9             965.0000   120.0000   115800.0000     0.0000
x10           3524.0000   138.0000   486312.0000     0.0000
More to come... Press PgDn/PgUp to scroll
<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

```

รูปที่ ข.3 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาต้นทุนต่ำสุดของ $X_1 - X_{11}$

```

project                               min                               Final Iteration No: 14
*** OPTIMUM SOLUTION SUMMARY ***
Obj value = 7075518.0000
Variable      Value      Obj Coeff  Obj Val Contrib  Reduced Cost
x11           2249.0000   126.0000   283374.0000     0.0000
More to come... Press PgDn/PgUp to scroll
<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

```

รูปที่ ข.3(ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาต้นทุนต่ำสุดของ $X_1 - X_{11}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ความไว

1. ผลการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์

project min Final Iteration No: 14

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 7075518.0000

Obj Coeffs — Single Changes:

Variable	Current Coeff	Min Coeff	Max Coeff	Reduced Cost
x1	138.0000	0.0000	infinity	0.0000
x2	120.0000	0.0000	infinity	0.0000
x3	114.0000	0.0000	infinity	0.0000
x4	96.0000	0.0000	infinity	0.0000
x5	114.0000	0.0000	infinity	0.0000
x6	138.0000	0.0000	infinity	0.0000
x7	120.0000	0.0000	infinity	0.0000
x8	114.0000	0.0000	infinity	0.0000
x9	120.0000	0.0000	infinity	0.0000
x10	138.0000	0.0000	infinity	0.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.4 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของ $X_1 - X_{11}$

project min Final Iteration No: 14

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 7075518.0000

Obj Coeffs — Single Changes:

Variable	Current Coeff	Min Coeff	Max Coeff	Reduced Cost
x11	126.0000	0.0000	infinity	0.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.4 (ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของ X_1 คือ X_{11} เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัด

project min Final Iteration No: 14

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 7075518.0000

Righthand Side -- Single Changes:

Constraint	Current RHS	Min RHS	Max RHS	Dual Price
1 (<>)	29082.0000	12143.6426	30542.6149	138.0000
2 (<>)	6017.0000	0.0000	7513.5317	120.0000
3 (<>)	3482.0000	0.0000	3516.3646	114.0000
4 (<>)	2319.0000	0.0000	4240.8618	96.0000
5 (<>)	3262.0000	0.0000	3302.6244	114.0000
6 (<>)	1087.0000	0.0000	2746.7898	138.0000
7 (<>)	514.0000	0.0000	2465.8618	120.0000
8 (<>)	2175.0000	0.0000	3805.1506	114.0000
9 (<>)	965.0000	0.0000	2624.7898	120.0000
10 (<>)	3524.0000	0.0000	4095.0001	138.0000

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.5 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัดที่ 1-26

project min Final Iteration No: 14

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 7075518.0000

Righthand Side -- Single Changes:

Constraint	Current RHS	Min RHS	Max RHS	Dual Price
11 (<>)	2249.0000	0.0000	2309.0437	126.0000
12 (<>)	780.0000	-infinity	1165.2377	0.0000
13 (<>)	234.0000	-infinity	366.1192	0.0000
14 (<>)	664.0000	645.7423	infinity	0.0000
15 (<>)	481.0000	478.8144	infinity	0.0000
16 (<>)	35100.0000	29082.0000	infinity	0.0000
17 (<>)	9360.0000	6017.0000	infinity	0.0000
18 (<>)	8190.0000	3482.0000	infinity	0.0000
19 (<>)	7839.0000	2319.0000	infinity	0.0000
20 (<>)	6435.0000	3262.0000	infinity	0.0000

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.5(ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัดที่ 1-26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F:\Mora\TORA.EXE

project min Final Iteration No: 14

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 7075518.0000

Righthand Side -- Single Changes:

Constraint	Current RHS	Min RHS	Max RHS	Dual Price
21 (<<)	5850.0000	1087.0000	infinity	0.0000
22 (<<)	4680.0000	544.0000	infinity	0.0000
23 (<<)	4212.0000	2175.0000	infinity	0.0000
24 (<<)	3510.0000	965.0000	infinity	0.0000
25 (<<)	4095.0000	3523.9999	infinity	0.0000
26 (<<)	6198.0000	2249.0000	infinity	0.0000

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.5(ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัดที่ 1-26

2. กรณีช่วงความต้องการสินค้าในปริมาณปกติ

ผลของปริมาณการผลิตสินค้าแต่ละชนิดแต่ละเดือนในปริมาณที่เหมาะสมในช่วงเวลาความต้องการสินค้าในปริมาณปกติ

F:\Mora\TORA.EXE

project min Final Iteration No: 18

*** OPTIMUM SOLUTION SUMMARY ***

Obj value = 4427728.000 ==> (Alternative solution detected at x24 >)

Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib	Reduced Cost
x1	13037.0000	138.0000	1799106.0000	0.0000
x2	2614.0000	120.0000	313680.0000	0.0000
x3	2475.0879	114.0000	282160.0312	0.0000
x4	7839.0000	96.0000	752544.0000	0.0000
x5	5344.7651	114.0000	609303.2500	0.0000
x6	495.0000	138.0000	68310.0000	0.0000
x7	250.0000	120.0000	30000.0000	0.0000
x8	1544.8676	114.0000	176114.9062	0.0000
x9	465.0000	120.0000	55800.0000	0.0000
x10	1565.0000	138.0000	215970.0000	0.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.6 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาดันทุนต่ำสุดของ $X_1 - X_{11}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F:\Mora\TORA.EXE

project min Final Iteration No: 18

*** OPTIMUM SOLUTION SUMMARY ***

Obj value = 4427728.000 ==> (Alternative solution detected at x24)

Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib	Reduced Cost
x11	990.0000	126.0000	124740.0000	0.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.6(ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์โปรแกรมเชิงเส้นเพื่อหาต้นทุนต่ำสุดของ $X_1 - X_{11}$

การวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในฟังก์ชัน
วัตถุประสงค์

F:\Mora\TORA.EXE

project min Final Iteration No: 18

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 4427728.0000

Obj Coeffs -- Single Changes ==> (Degenrte/altrntv opt; ranges not unique)

Variable	Current Coeff	Min Coeff	Max Coeff	Reduced Cost
x1	138.0000	114.0000	infinity	0.0000
x2	120.0000	114.0000	infinity	0.0000
x3	114.0000	114.0000	114.0000	0.0000
x4	96.0000	-infinity	114.0000	0.0000
x5	114.0000	114.0000	114.0000	0.0000
x6	138.0000	114.0000	infinity	0.0000
x7	120.0000	114.0000	infinity	0.0000
x8	114.0000	114.0000	122.7736	0.0000
x9	120.0000	114.0000	infinity	0.0000
x10	138.0000	114.0000	infinity	0.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.7 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์กรณีมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรใน
ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $X_1 - X_{11}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F:\Mora\TORA.EXE

project min Final Iteration No: 18

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 4427728.0000

Obj Coeffs -- Single Changes ==> (Degenrte/alttrnte opt; ranges not unique)

Variable	Current Coeff	Min Coeff	Max Coeff	Reduced Cost
x11	126.0000	114.0000	infinity	0.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.7 (ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร
ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $X_1 - X_{11}$

ผลการวิเคราะห์ความไวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของสมการข้อจำกัด

F:\Mora\TORA.EXE

project min Final Iteration No: 18

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 4427728.0000

Righthand Side -- Single Changes ==> (Degenrte/alttrnte opt; ranges not unique)

Constraint	Current RHS	Min RHS	Max RHS	Dual Price
1 (<>)	13037.0000	11455.1583	13644.9290	24.0000
2 (<>)	2614.0000	2086.7191	3409.2783	6.0000
3 (<>)	1560.0000	-infinity	2475.0879	0.0000
4 (<>)	1050.0000	-infinity	7839.0000	0.0000
5 (<>)	1501.0000	-infinity	5344.7651	0.0000
6 (<>)	495.0000	178.6314	1619.1196	24.0000
7 (<>)	250.0000	0.0000	1374.1196	6.0000
8 (<>)	1001.0000	-infinity	1544.8676	0.0000
9 (<>)	465.0000	69.5393	1405.1431	6.0000
10 (<>)	1565.0000	774.0786	2254.0966	24.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.8 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของ
สมการข้อจำกัดที่ 1 - 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F:\Mora\TORA.EXE

project min Final Iteration No: 18

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 4427728.0000

Righthand Side -- Single Changes ==> <Degenrte/altrnte opt; ranges not unique>

Constraint	Current RHS	Min RHS	Max RHS	Dual Price
11 (<>)	990.0000	504.4071	2702.0212	12.0000
12 (<>)	780.0000	770.1408	782.7747	5352.1128
13 (<>)	234.0000	232.8927	237.9344	0.0000
14 (<>)	664.0000	409.4249	infinity	0.0000
15 (<>)	481.0000	459.7242	531.5797	0.0000
16 (<>)	35100.0000	13037.0000	infinity	0.0000
17 (<>)	9360.0000	2614.0000	infinity	0.0000
18 (<>)	8190.0000	2475.0079	infinity	0.0000
19 (<>)	7839.0000	7575.3595	8775.7664	18.0000
20 (<>)	6435.0000	5344.7653	infinity	0.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.8 (ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของ
สมการข้อจำกัดที่ 1-26

F:\Mora\TORA.EXE

project min Final Iteration No: 18

***** SENSITIVITY ANALYSIS *****

Obj value = 4427728.0000

Righthand Side -- Single Changes ==> <Degenrte/altrnte opt; ranges not unique>

Constraint	Current RHS	Min RHS	Max RHS	Dual Price
21 (<>)	5050.0000	495.0000	infinity	0.0000
22 (<>)	4680.0000	250.0000	infinity	0.0000
23 (<>)	4212.0000	1544.8677	infinity	0.0000
24 (<>)	3510.0000	465.0000	infinity	0.0000
25 (<>)	4095.0000	1565.0000	infinity	0.0000
26 (<>)	6198.0000	990.0000	infinity	0.0000

More to come... Press PgDn/PgUp to scroll

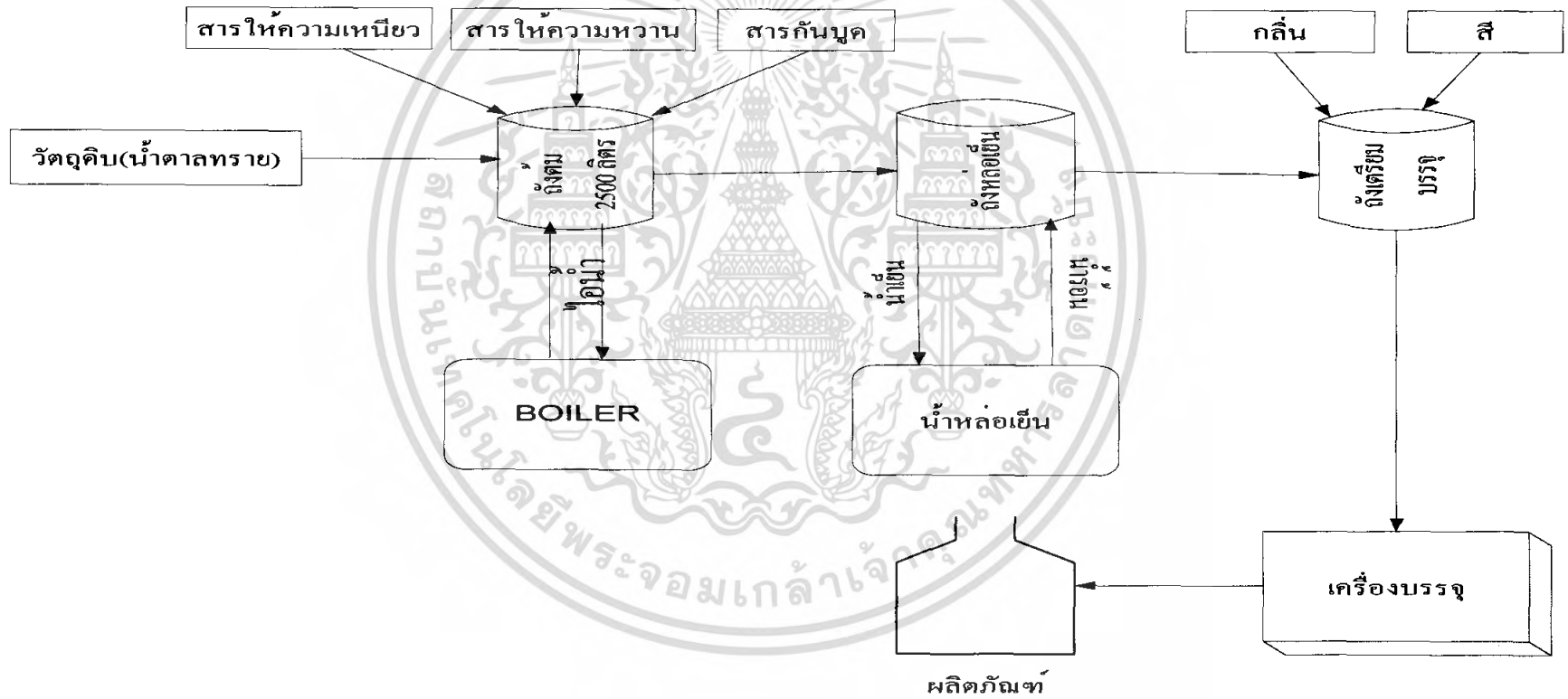
<PgUp/PgDn>Scroll <F6>Optimum Menu

รูปที่ ข.8 (ต่อ) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความไวกรณีมีการเปลี่ยนแปลงเลขทางขวามือของ
สมการข้อจำกัดที่ 1-26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

กระบวนการผลิต



รูป ค.1 กระบวนการผลิตน้ำหวานเข้มข้นของห้างหุ้นส่วนจำกัดชินทรัพย์