

การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่ไม่คงที่
ระหว่างเทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้างและตัวบ่งชี้



นายเอกภพ ยานะวิมุตติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-679-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๓ ก.ย. 2546

I 1951170X

A COMPARISON OF ERRORS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES DATA
WITH NONSTATIONARY BETWEEN BOX-JENKINS TECHNIQUES USING
STRUCTURAL EQUATION MODEL AND
LEADING INDICATOR

MR AKAPHOP YANAWIMUD

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Educational Statistics

Department of Educational Research

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2000

ISBN 974-346-679-7

เอกภพ ยานะวิมุติ : การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่ไม่คงที่ระหว่างเทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้างและตัวบ่งชี้หน้า. (A COMPARISON OF ERRORS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES DATA WITH NONSTATIONARY BETWEEN BOX-JENKINS TECHNIQUES USING STRUCTURAL EQUATION MODEL AND LEADING INDICATOR) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุชาติดา บวรกิติวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.ทองศิริ แต่สมบัติ, 160 หน้า. ISBN 974-346-679-7.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้างกับวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้หน้า ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่ไม่คงที่ โดยพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา และตรวจสอบผลการพยากรณ์โดยใช้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า ได้แก่ RMSE, MAPE, MdAPE, MdRAE, GMRAE และ Percent Better เป็นเกณฑ์ ฐานข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้แก่ ฐานข้อมูลของบำเพ็ญ ปิดชิด (2540) และเก็บรวบรวมเพิ่มเติมจากบันทึกสถิติ เป็นชุดของข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน 4 ชุดที่มีลักษณะที่ไม่คงที่ ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป หนังสือสำรอง วิทยานิพนธ์ และผู้เข้าใช้บริการ จำนวน 90, 48, 90 และ 90 ช่วงเวลา ตามลำดับ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลด้วยกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย การพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์อนุกรมเวลาวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้หน้า และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และตรวจสอบผลการพยากรณ์แต่ละวิธีด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า

ผลจากการวิจัยสรุปได้ดังนี้

- ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปมีแนวโน้มแบบควอดราติก และมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีการรวมโมเดลแบบบวก ปริมาณการยืมหนังสือสำรองมีแนวโน้มแบบเส้นตรงและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีการรวมโมเดลแบบบวก ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ และผู้เข้าใช้บริการมีแนวโน้มแบบควอดราติก และมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีการรวมโมเดลแบบคูณ
- ผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์ พบว่าโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป คือ $IMA(2,1) \times SARI(1,1)_{12}$ ค่าพยากรณ์ในเดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนเมษายน 2543 ได้ค่าพยากรณ์ดังนี้ 7,105, 8,020, 8,903, 4,906 และ 5,364 เล่ม ตามลำดับ โมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือสำรอง คือ $ARI(1,1) \times SARI(1,1)_{12}$ ค่าพยากรณ์ในเดือนมิถุนายน 2539 ถึงเดือนตุลาคม 2539 ได้ค่าพยากรณ์ดังนี้ 169, 335, 410, 264 และ 162 เล่ม ตามลำดับ โมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ คือ $ARI(2,2) \times SARI(1,1)_{12}$ ค่าพยากรณ์ในเดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนเมษายน 2543 ได้ค่าพยากรณ์ดังนี้ 8,871, 9,445, 9,989, 10,281 และ 9,240 เล่ม ตามลำดับ
- ผลการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป และหนังสือสำรองด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และผลการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ภาควิชา วิทยาลัยการศึกษา.....
 สาขาวิชา สถิติการศึกษา.....
 ปีการศึกษา2543.....

ลายมือชื่อนิสิต
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4183855127 : MAJOR EDUCATIONAL STATISTICS

KEY WORD : TIME SERIES / BOX-JENKINS METHOD / STRUCTURAL EQUATION MODEL / LEADING INDICATOR

AKAPHOP YANAWIMUD : A COMPARISON OF ERRORS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES DATA WITH NONSTATIONARY BETWEEN BOX-JENKINS TECHNIQUES USING STRUCTURAL EQUATION MODEL AND LEADING INDICATOR. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUCHADA BOWARNKITIWONG, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. SONGSIRI TAESOMBUT, Ph.D. 160 pp. ISBN 974-346-679-7.

This research aimed at comparison of errors between Box-Jenkins using structural equation model method and Box-Jenkins using leading indicator method in forecasting educational time series data with nonstationary in 5 lead times forecasting, and at checking the forecasting results using 6 corrected measures of forecasting; RMSE, MAPE, MdAPE, MdRAE, GMRAE and Percent Better as criteria. Data base used in this study was Bumpen Pidchid's, and the researcher collected the more up to date data from the Educational Information Center, Faculty of Education, Chulalongkorn University. The research instrument was data recording form. The data were analyzed using graph and regression analysis to check for secular trends and seasonal variations, then applying Box-Jenkins using structural equation model, Box-Jenkins using leading indicator, and Box-Jenkins methods to forecast and check for 6 errors.

The research findings were as follows :

1. General books in circulation showed quadratic trend and seasonal variation at .05 significance level, and the integrated model was additive. Reserved books in circulation showed linear trend and seasonal variation at .01 significance level, and the integrated model was additive. Theses in circulation and visitors showed quadratic trend and seasonal variation at .05 significance level, and the integrated model was multiplicative.

2. The results of three data sets showed that the appropriate model for general books in circulation was $IMA(2,1) \times SARI(1,1)_{12}$, and forecasted values in December 2542 to April 2543 would be 7,105, 8,020, 8,903, 4,906 and 5,364, respectively. The appropriate model for reserved books in circulation was $ARI(1,1) \times SARI(1,1)_{12}$, and forecasted values in June 2539 to October 2539 would be 169, 335, 410, 264 and 162, respectively. The appropriate model for theses in circulation was $ARI(2,2) \times SARI(1,1)_{12}$, and forecast values in December 2542 to April 2543 would be 8,871, 9,445, 9,989, 10,281 and 9,240, respectively.

3. The forecasting results from Box-Jenkins method used in forecasting general books and reserved books in circulation and the Box-Jenkins using structural equation model method used in forecasting theses in circulation had the least error.

Department.....Educational..Research.....
Field of study.....Educational..Statistics.....
Academic year.....2000.....

Student's signature.....
Advisor's signature.....
Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผลงานวิจัยเล่มนี้ เป็นผลงานทางวิชาการเล่มแรกของผู้วิจัย ที่ได้รับการสร้างสรรค์ทางวิชาการจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา บวรกิตติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาทางวิชาการ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ เมตตา และห่วงใยผู้วิจัยเสมอมา ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศิริ แต่สมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการพยากรณ์ และกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจ และเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. นงลักษณ์ วิรัชชัย และรองศาสตราจารย์ ดร. สุวิมล ว่องวานิช ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้ และกรุณาให้คำปรึกษา และเอาใจใส่เป็นอย่างดีตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิจัยการศึกษาทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ทางด้านทุนทรัพย์จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา และศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ชาวภาควิชาวิจัยการศึกษา ที่ให้กำลังใจ ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คุณทัศนีย์ อินทนู คุณอานุภาพ ธงภักดี คุณลลิตา จันทร์แก้ง คุณวิริณห์ ธรรมนารถสกุล คุณนิตยา เหมือดโรสง คุณบุญนำ ปานขำ คุณวรรณดา เด่นขจรเกียรติ คุณสังวรณ์ รัตกระโทก และคุณนภาฯ สิงห์วีรธรรม ที่ให้กำลังใจ ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ด้วยดีเสมอมา

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในด้านทุนทรัพย์แก่ผู้วิจัยตลอดมา ตลอดจนทุก ๆ ท่านที่มีได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ที่มีส่วนช่วยให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกภพ ยานะวิมุติ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
ขอบเขตของการวิจัย.....	8
ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย.....	8
นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	8
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	10
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
ตอนที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับเทคนิคการพยากรณ์.....	11
ตอนที่ 2 ข้อมูลอนุกรมเวลาและการพยากรณ์วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์.....	16
ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับโมเดลสมการเชิงโครงสร้างและตัวบ่งชี้.....	43
ตอนที่ 4 การตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์.....	52
ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์.....	54
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
ลักษณะและแหล่งที่มาของข้อมูล.....	58
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	58
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	58
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	59
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาเบื้องต้น.....	66

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลา.....	67
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาดำวยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง และ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้หน้า และพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา.....	74
ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์.....	107
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย.....	115
อภิปรายผลการวิจัย.....	120
ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย.....	124
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....	125
รายการอ้างอิง.....	127
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	133
ภาคผนวก ข.....	135
ภาคผนวก ค.....	138
ภาคผนวก ง.....	150
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	160

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 สิ่งที่ศึกษาในวิธีการหาค่าพยากรณ์ของเทคนิคการพยากรณ์อนุกรมเวลา.....	17
2 ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตโนมัติและฟังก์ชันอัตโนมัติบางส่วน ของโมเดลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาคงที่.....	30
3 โมเดล ARMA(p,q) และเงื่อนไขความคงที่และอินเวอร์ติเบิล.....	31
4 โมเดล ARIMA(p,1,q) ของอนุกรมเวลา $\{z_t\}$ และ $\{y_t\}$	32
5 ลักษณะของ $\rho_k(Y_t)$, $\rho_k(Z_t)$ และ $\rho_{kk}(Z_t)$ สำหรับโมเดล ARIMA(p,d,q).....	33
6 โมเดล SARMA(P,Q) _L ของอนุกรมเวลา $\{y_t\}$	33
7 ลักษณะของ $\rho_k(Z_t)$ และ $\rho_{kk}(Z_t)$ สำหรับโมเดล SARMA(P,Q) _L	33
8 สมการพยากรณ์ ARMA(p,q) ในเทอมของ $\hat{\mu}$ และ $\hat{\theta}_0$	41
9 แบบบันทึกข้อมูลปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์/ผู้เข้าใช้บริการ.....	59
10 การแจกแจงและการกระจายของข้อมูลอนุกรมเวลา.....	67
11 ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1).....	68
12 ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2).....	69
13 ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3).....	70
14 จำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR).....	71
15 ผลการตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาลโดยใช้ partial F-test.....	73
16 ค่า R ² ประกอบการพิจารณาเลือกลักษณะการรวมโมเดลของอนุกรมเวลา.....	74
17 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) และ วิทยานิพนธ์ (BOOK3) ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์.....	86
18 ผลการวิเคราะห์โมเดล MA(1)xSAR(1) ₁₂ ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง.....	89
19 ผลการวิเคราะห์โมเดล AR(1)xSAR(1) ₁₂ ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง.....	91
20 ผลการวิเคราะห์โมเดล AR(2)xSAR(1) ₁₂ ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง.....	94
21 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ โดยใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง.....	95
22 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้.....	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
23 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (B-J&SEM) และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำ (B-J&leading indicator).....	113
24 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (B-J&SEM) และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำ (B-J&leading indicator).....	114
25 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (B-J&SEM).....	114

สารบัญภาพ

แผนภาพ	หน้า
1 เทคนิคการพยากรณ์เชิงคุณภาพและเทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ.....	2
2 ลักษณะโมเดลสมการเชิงโครงสร้างใช้ตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลการพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์.....	5
3 การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบ.....	19
4 ลักษณะของอนุกรมเวลาที่กำหนดโดยโมเดลของวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์.....	22
5 ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ลดลง อย่างรวดเร็วและลดลงอย่างช้า ๆ.....	27
6 ขั้นตอนการพยากรณ์ด้วยเทคนิคบ็อกซ์และเจนกินส์.....	42
7 ตัวอย่างโมเดลสมการเชิงโครงสร้างแบบเต็มรูป.....	45
8 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1).....	68
9 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2).....	69
10 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3).....	70
11 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR).....	71
12 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป.....	76
13 ลักษณะของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของการ หาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของปริมาณการยืม หนังสือทั่วไป.....	77
14 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$	78
15 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรอง.....	79
16 ลักษณะของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของการ หาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของปริมาณการยืม หนังสือสำรอง.....	80
17 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$	82
18 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์.....	83

สารบัญญภาพ (ต่อ)

แผนภาพ

หน้า

19	ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์.....	84
20	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล $AR(2) \times SAR(1)_{12}$	86
21	โมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ ในลักษณะสมการเชิงโครงสร้าง.....	88
22	โมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$ ในลักษณะสมการเชิงโครงสร้าง.....	90
23	โมเดล $AR(2) \times SAR(1)_{12}$ ในลักษณะสมการเชิงโครงสร้าง.....	92
24	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ.....	96
25	ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของจำนวนการเข้าใช้บริการ.....	97
26	ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของจำนวนการเข้าใช้บริการที่ปรับจำนวนอนุกรมเวลา.....	98
27	ลักษณะ cross correlation function ของ e_t และ β_t ของอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมหนังสือทั่วไปและผู้เข้าใช้บริการ.....	100
28	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของค่าความคลาดเคลื่อน (N_t) ของอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมหนังสือทั่วไปและผู้เข้าใช้บริการ.....	101
29	ลักษณะ cross correlation function ของ e_t และ β_t ของอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมหนังสือสำรองและผู้เข้าใช้บริการ.....	102
30	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของค่าความคลาดเคลื่อน (N_t) ของอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมหนังสือสำรองและผู้เข้าใช้บริการ.....	103
31	ลักษณะ cross correlation function ของ e_t และ β_t ของอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์และผู้เข้าใช้บริการ.....	105
32	การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมหนังสือทั่วไป.....	106
33	การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมหนังสือสำรอง.....	106
34	การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์.....	107

สารบัญญภาพ (ต่อ)

แผนภาพ	หน้า
35 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปกับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์.....	108
36 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปกับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์โดยใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง.....	108
37 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปกับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้.....	109
38 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือสำรองกับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์.....	109
39 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือสำรองกับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์โดยใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง.....	110
40 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือสำรองกับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้.....	110
41 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์กับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์.....	111
42 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์กับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้.....	111