

การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่คงที่
และไม่คงที่จากโมเดลอริมา โมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และโมเดลการถดถอย



นางสาวอรุณี หงษ์ศิริวัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-13-0984-8
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1 0 ต.ค. 2546

I 200๒๒๓๐๗

A COMPARISON OF ERRORS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES DATA
WITH STATIONARY AND NONSTATIONARY DATA USING ARIMA MODEL, ARIMA
INTERVENTION MODEL AND REGRESSION MODEL

Miss Arunee Hongsirawat

The 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 974-13-0984-8

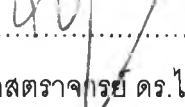
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทาง
การศึกษาที่คงที่และไม่คงที่จากโมเดลอริมา โมเดลอริมาอินเตอร์เวชัน
และโมเดลการถดถอย

โดย นางสาวอรุณี หงษ์ศิริวัฒน์

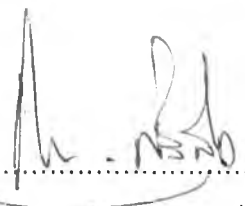
สาขาวิชา สถิติการศึกษา

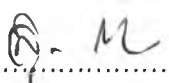
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิตติวงศ์


คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

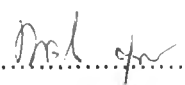
.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สินลารัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ศรีสุข)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิตติวงศ์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อวยพร เรืองตระกูล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพียงใจ สุขโรจน์)

อรุณี หงษ์ศิริวัฒน์ : การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่คงที่และไม่คงที่จากโมเดลอริมา โมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และโมเดลการถดถอย (A COMPARISON OF ERRORS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES DATA WITH STATIONARY AND NONSTATIONARY DATA USING ARIMA MODEL, ARIMA INTERVENTION MODEL AND REGRESSION MODEL) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุชาติดา บวรกิติวงศ์, 229 หน้า. ISBN 974-13-0984-8

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์จากวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่คงที่และไม่คงที่ โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบจากการวัดความคลาดเคลื่อน 6 วิธี ได้แก่ RMSE, MdAPE, MAPE, GMRAE, MdRAE และ Percent Better ฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ฐาน ฐานแรกคือข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยผู้วิจัยใช้ฐานข้อมูลของเอกภพ ยานะวิมุติ ในปีการศึกษา 2543 และเก็บรวบรวมเพิ่มเติมจากบันทึกสถิติ เป็นชุดของข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนจำนวน 101 ช่วงเวลา ฐานที่สองคือข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดของอาจารย์ นิลิต และบุคลากร ภายนอกคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จากศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นชุดของข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนจำนวน 101 ช่วงเวลา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาค่าสถิติพื้นฐาน การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย การพยากรณ์ด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ และตรวจสอบผลการพยากรณ์แต่ละวิธีด้วยค่าวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ 6 ค่า

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดมีแนวโน้มควอดราติกและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยมีการรวมโมเดลแบบบวก และข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีแนวโน้มเส้นตรงและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยมีการรวมโมเดลแบบคูณ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด สำหรับการพยากรณ์ด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ให้ค่าวัดความคลาดเคลื่อนจากวิธี MdAPE และ GMRAE น้อยที่สุด และสำหรับการพยากรณ์ด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันให้ค่าวัดความคลาดเคลื่อนจากวิธี RMSE, MAPE, MdRAE และ Percent Better น้อยที่สุด และข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด สำหรับการพยากรณ์ด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ให้ค่าวัดความคลาดเคลื่อนจากวิธี RMSE, MdAPE และ MdRAE น้อยที่สุด และสำหรับการพยากรณ์ด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันให้ค่าวัดความคลาดเคลื่อนจากวิธี MAPE, GMRAE และ Percent Better น้อยที่สุด
3. วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด คือ วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด คือ วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ และวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน

ภาควิชา.....วิจัยการศึกษา.....

สาขาวิชา.....สถิติการศึกษา.....

ปีการศึกษา.....2543.....

ลายมือชื่อนิลิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4283868427 : MAJOR EDUCATIONAL STATISTICS

KEY WORD : ARIMA MODEL, ARIMA INTERVENTION MODEL

ARUNEE HONGSIRIWAT : A COMPARISON OF ERRORS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES DATA WITH STATIONARY AND NONSTATIONARY DATA USING ARIMA MODEL, ARIMA INTERVENTION MODEL AND REGRESSION MODEL . THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SUCHADA BOWARNKITIWONG, Ph.D. 229 pp. ISBN 974-13-0984-8

The purpose of this research was to compare the errors among Box – Jenkins method, Box – Jenkins method by using ARIMA Intervention model and Regression method by using dummy variable in forecasting educational time series data with stationary and nonstationary. Six error measures used in this study were RMSE, MAPE, MdAPE, MdRAE, GMRAE, and Percent Better. Two data bases were used in this study. The first was number of visitor in the Educational Information Center, Faculty of Education, Chulalongkorn University collected by AKAPHOP YANAWIMUD in the year 2000 and the researcher continues collecting data from the year 2000 until 2001. The second was number of book borrowing between libraries from the Educational Information Center, Faculty of Education, Chulalongkorn University. The instruments were data recording forms. The data were analyzed using graph and regression analysis to check secular trends and seasonal variations, then applying Box – Jenkins method, Box – Jenkins method by using ARIMA Intervention model and Regression method by using dummy variable to forecast and check for 6 errors.

The research findings were as follows :

1. Number of visitor in the Educational Information Center had quadratic trend and seasonal variation with the additive integrated model. And number of book borrowing between libraries had linear trend and seasonal variation with the multiplicative integrated model at .01 significance level.

2. Number of visitor in the Educational Information Center in forecasting with Box – Jenkins method had error measures from MdAPE and GMRAE in minimum and forecasting with Box – Jenkins method by using ARIMA Intervention model had error measures from RMSE, MAPE, MdRAE and Percent Better in minimum. And number of book borrowing between libraries in forecasting with Box – Jenkins method had error measures from RMSE, MdAPE and MdRAE in minimum and forecasting with Box – Jenkins method by using ARIMA Intervention model had error measures from MAPE, GMRAE and Percent Better in minimum.

3. The best method for time series data with number of visitor was Box – Jenkins method by using ARIMA Intervention model. And the best methods for number of book borrowing between libraries were Box – Jenkins method and Box – Jenkins method by using ARIMA Intervention model

Department.....Educational Research.....

Field of study.....Educational Statistics.....

Academic year.... 2000.....

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิตติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งตลอดมา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศิริ แต่สมบัติ ที่กรุณาแนะนำหัวข้อในการวิจัย รวมทั้งกรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการพยากรณ์ และกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเต็มใจและเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย รองศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ศรีสุข และรองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิจัยการศึกษาทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนวิจัยสำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณบุคลากรในศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบุคลากรในสถาบันวิทยบริการ ที่ให้ความช่วยเหลือในการรวบรวมข้อมูลสถิติที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณเอกภพ ยานะวิมุติ คุณทัศนีย์ อินทนู คุณอุษาศิรี สิริสุขะ คุณประทีป ปิ่นทอง และคุณวรรณมา เต็มขจรเกียรติ ที่ช่วยเหลือ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ด้วยดีเสมอมา รวมทั้งขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ชาวภาควิชาการศึกษา ที่ให้กำลังใจ และช่วยเหลือตลอดมา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คือ นายพีระ - นางอภัย หงษ์ศิริวัฒน์ ที่คอยเป็นกำลังใจ ไม่ว่าจะในเวลาทุกข์หรือสุข รวมทั้งให้การสนับสนุนในด้านทุนทรัพย์แก่ผู้วิจัยตลอดมา รวมไปถึง คุณปู่ คุณย่า คุณตา และคุณยาย ตลอดจนทุก ๆ ท่านที่มีได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

อรุณี หงษ์ศิริวัฒน์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	7
ประโยชน์ในเชิงวิชาการ.....	10
ประโยชน์ในการนำไปใช้.....	10
2 วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง	
ตอนที่ 1 มโนทัศน์เกี่ยวกับเทคนิคการพยากรณ์และอนุกรมเวลา.....	11
ตอนที่ 2 วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์และโมเดลอาร์มาอินเตอร์เวเนชัน.....	23
ตอนที่ 3 มโนทัศน์เกี่ยวกับการวิเคราะห์การถดถอย.....	55
ตอนที่ 4 ความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์.....	66
ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	70
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
ลักษณะและแหล่งที่มาของข้อมูล.....	85
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	85
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	86
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	87

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน	92
ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและ การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลา.....	93
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ และการพยากรณ์ ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา	101
ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์.....	147
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย	155
อภิปรายผลการวิจัย	159
ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย.....	164
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	165
ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้.....	165
รายการอ้างอิง.....	166
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	173
ภาคผนวก ข	181
ภาคผนวก ค.....	186
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	229

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	การเปรียบเทียบเทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณตามปัจจัยต่างๆ.....	22
2	การสร้างตัวแปรเวลาล่าหลัง (time lag variables).....	25
3	ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (Autocorrelation Function) และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Autocorrelation Function) ของอนุกรมเวลาคงที่.....	31
4	โมเดล ARMA(p,q) และเงื่อนไขเสถียร (stationary) และอินเวอร์ทิเบิล (invertible).....	35
5	ลักษณะของ $\rho_k(Y_t)$, $\rho_k(Z_t)$ และ $\rho_{kk}(Z_t)$ สำหรับโมเดล ARIMA (p,d,q).....	37
6	โมเดล SARIMA(P,Q) _L ของอนุกรมเวลา $\{y_t\}$	38
7	ลักษณะของ $\rho_k(Z_t)$ และ $\rho_{kk}(Z_t)$ สำหรับโมเดล SARIMA(P,Q) ₁₂	38
8	สูตรที่ใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์สำหรับรูปแบบ ARIMA(p,d,q).....	40
9	สมการพยากรณ์และค่าความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อน.....	44
10	ค่าสังเกตและค่าของตัวแปรเวลา t_1 , t_2 และ t_3	60
11	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการวัดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์.....	69
12	สรุปรายชื่อผู้วิจัย หัวข้อวิจัย และผลการวิจัยที่ใช้วิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลา ด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของ โมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย.....	78
13	แบบบันทึกข้อมูลจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด/ปริมาณการยืมหนังสือ ระหว่างห้องสมุด.....	86
14	การแจกแจงและการกระจายของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ ในห้องสมุด (VISITOR) และข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือ ระหว่างห้องสมุด (BORROW).....	93
15	จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR).....	96
16	ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW).....	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
17	ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย	100
18	ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอย	101
19	ค่าพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์	115
20	ค่าพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน	133
21	ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ.....	136
22	ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ.....	138
23	ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ.....	139
24	ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ.....	143
25	ค่าพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR) และปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW) ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลาด้วยการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่	146
26	ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน (Intervention) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ (REG)	153
27	ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน (Intervention) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ (REG)	154

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
28	ผลการพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR).....	174
29	ผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด (BORROW).....	177

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	เทคนิคการพยากรณ์เชิงคุณภาพและเทคนิคการพยากรณ์เชิงปริมาณ	2
2	ส่วนประกอบของอนุกรมเวลา.....	18
3	รูปแบบของแนวโน้มประเภทต่างๆ.....	19
4	ประเภทของอนุกรมเวลา.....	21
5	ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์.....	24
6	กระบวนการ AR(1)	32
7	กระบวนการ MA(1)	33
8	กระบวนการ ARMA(1,1).....	34
9	รูปแบบของตัวแปรอินเตอร์เวนชัน	46
10	รูปแบบ Zero – order intervention function	49
11	รูปแบบ First – order intervention function	51
12	ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีอิริมาอินเตอร์เวนชัน (ARIMA Intervention Analysis).....	54
13	การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด (VISITOR).....	96
14	การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่าง ห้องสมุด (BORROW).....	97
15	ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ ในห้องสมุด	104
16	ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาล ลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด	105
17	ลักษณะของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของ การหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของจำนวนผู้เข้าใช้บริการ ในห้องสมุด	106
18	การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล MA(1)×SMA(1) ₁₂	107

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
19	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของความคลาดเคลื่อน ของโมเดล $MA(1) \times SMA(1)_{12}$	108
20	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือ ระหว่างห้องสมุด.....	110
21	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาล ลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด.....	111
22	ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติและฟังก์ชันอัตโนมัติบางส่วน ของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของปริมาณ การยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด	112
23	การประมาณค่าพารามิเตอร์จากโมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$	113
24	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของความคลาดเคลื่อน ของโมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$	114
25	ระยะเวลาก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน และระยะเวลาที่เกิดอินเตอร์เวนชัน.....	116
26	การกำหนดค่าของตัวแปรดัมมี่ในช่วงเวลาต่างๆ.....	116
27	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ ในห้องสมุดก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน.....	118
28	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่าง ฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด ก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน	119
29	ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติและฟังก์ชันอัตโนมัติบางส่วน ของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลา จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน	120
30	ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล $MA(1) \times SMA(1)_{12}$	121
31	ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของความคลาดเคลื่อนของ โมเดล $MA(1) \times SMA(1)_{12}$ ก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน.....	122

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
32	การประมาณค่าพารามิเตอร์ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ ในห้องสมุดโดยวิธีอริมาอินเตอร์เวนชัน.....	123
33	ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยการทำ autocorrelation check ของค่าความคลาดเคลื่อน.....	123
34	ระยะเวลาก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน และระยะเวลาที่เกิดอินเตอร์เวนชัน.....	125
35	การกำหนดค่าของตัวแปรดัมมี่ในช่วงเวลาต่างๆ.....	125
36	ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือ ก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน.....	127
37	ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์ของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่าง ฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด ก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน.....	128
38	ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์บางส่วนของการ หาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของอนุกรมเวลา ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดก่อนเกิดอินเตอร์เวนชัน.....	129
39	ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ ก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชัน.....	130
40	ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน ของโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$	131
41	การประมาณค่าพารามิเตอร์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือ ระหว่างห้องสมุดโดยวิธีอริมาอินเตอร์เวนชัน.....	132
42	การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยการทำ autocorrelation check ของค่าความคลาดเคลื่อน.....	133
43	กราฟเปรียบเทียบผลการพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด.....	146
44	กราฟเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด.....	147
45	การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดกับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์.....	148

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
46	การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดกับ ค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์	149
47	การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดกับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน	149
48	การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดกับ ค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์โดยใช้เทคนิคของ โมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน	150
49	การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดกับค่าพยากรณ์ ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่	150
50	การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดกับ ค่าพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยที่ใช้ตัวแปรดัมมี่	151
51	การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นตอนการวิเคราะห์ การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่	163