

การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษา  
ที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลระหว่างการพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์  
วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วม

นางสาวอัจฉราวรรณ ทองไสย



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-1727-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A COMPARISON OF ERRORS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES WITH  
SEASONAL AND NONSEASONAL VARIATION AMONG BAYESIAN,  
BOX-JENKINS AND COMBINED FORECASTS

MISS ATCHARAWAN THONGSAI

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

Department of Educational Research

Faculty of Education

Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-1727-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทาง  
การศึกษาที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลระหว่างการ  
พยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วม

โดย

นางสาวอัจฉราวรรณ ทองไสย

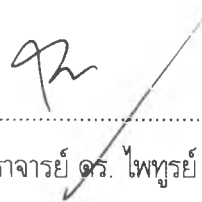
สาขาวิชา

สถิติการศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา

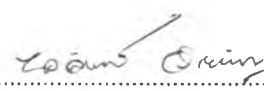
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา บวรกิตติวงศ์

คณะกรรมการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

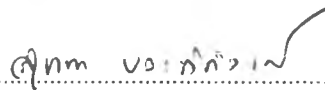
  
.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ไพฑูรย์ สิ้นลาร์ตัน)

คณบดีคณะครุศาสตร์

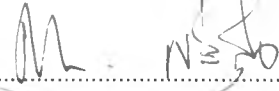
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
.....  
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร. นงลักษณ์ วิรัชชัย)

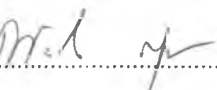
ประธานกรรมการ

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

อาจารย์ที่ปรึกษา

  
.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดิเรก ศรีสุโข)

กรรมการ

  
.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพียงใจ สุขโรจน์)

กรรมการ

อัจฉราวรรณ ทองไสย : การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่มีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลระหว่างการพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วม. (A COMPARISON OF ERRORS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES WITH SEASONAL AND NONSEASONAL VARIATION AMONG BAYESIAN, BOX-JENKINS AND COMBINED FORECASTS) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุชาติ บวรกิตติวงศ์ , 188 หน้า. ISBN 974-03-1727-8

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบ Newbold และ Granger 2 แบบ เพื่อพยากรณ์ 12 ช่วงเวลาล่วงหน้าสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และ 5 ช่วงเวลาล่วงหน้าสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยใช้ค่าวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ MAPE, MSE และ ME เป็นเกณฑ์ฐานข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 ฐาน ฐานแรกคือ ฐานข้อมูลของทัศนีย์ อินทนู (2543) และเก็บรวบรวมเพิ่มเติมจากบันทึกสถิติ ซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน 3 ชุดที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ประเภทละ 88 ช่วงเวลา ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฐานที่สองคือ ฐานข้อมูลของบำเพ็ญ ปิตชิต (2540) และเก็บรวบรวมเพิ่มเติมจากสมุดสถิติรายปี ซึ่งเป็นข้อมูลรายปี 2 ชุดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษาในระดับละ 64 ช่วงเวลา ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาค่าสถิติพื้นฐาน การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย การพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์ การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ การพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย และหนังสือภาษาอังกฤษ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล วิทยานิพนธ์ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นโค้งและมีอิทธิพลของฤดูกาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีการรวมตัวแบบบวก ส่วนจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีแนวโน้มแบบเส้นโค้ง และระดับมัธยมศึกษาที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย และหนังสือภาษาอังกฤษ คือ วิธีการพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธี HWS กับวิธี REG โดยให้น้ำหนักแบบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ และ วิทยานิพนธ์ คือ วิธีการพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธี HWS กับวิธี REG โดยให้น้ำหนักแบบที่ 1 และสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา คือ วิธี B-J และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา คือ วิธี BAYES

3. วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล คือ วิธีการพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นโค้งและมีอิทธิพลของฤดูกาล คือ วิธีการพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นโค้งและไม่มียอิทธิพลของฤดูกาล คือ วิธี B-J และสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและไม่มียอิทธิพลของฤดูกาล คือ วิธี BAYES

ภาควิชา                      วิทยาลัยการศึกษา

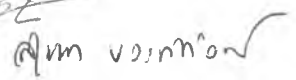
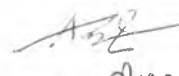
สาขาวิชา                    สถิติการศึกษ

ปีการศึกษา                    2544

ลายมือชื่อนิลิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



-

##4383817527 : MAJOR EDUCATIONAL STATISTICS

KEY WORD : FORECASTING, BAYES, COMBINED FORECASTS, BOX-JENKINS

ATCHARAWAN THONGSAI : A COMPARISON OF ERRORS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES WITH SEASONAL AND NONSEASONAL VARIATION AMONG BAYESIAN, BOX-JENKINS AND COMBINED FORECASTS. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUCHADA BOWARNKITWONG, Ph.D. 188 pp. ISBN 974-03-1727-8.

The purpose of this research was to compare the errors among Bayesian, Box-Jenkins and combined forecasts, which were combined by using average weight of Newbold and Granger, in forecasting educational time series data with seasonal in 12 lead times and with nonseasonal in 5 lead times forecasting, and using 3 error measures: MAPE, MSE and ME as criteria. There are two data bases used in the study. The first was Tusanee Intanoo's, and the researcher collected the more up-to-date data from the Educational Information Center, Faculty of Education, Chulalongkorn University, which were three sets of 88 monthly time series data with seasonal variation, namely Thai books, English books and Theses in circulation. The second was Bumpen Pidchid's, and the researcher collected the more up-to-date data from statistical yearbook, from The national statistical office, which were two sets of 64 yearly time series data with nonseasonal variation, namely the primary and secondary school students enrollment. The research instrument was data recording form. The data were analyzed by using graph and regression analysis to check for trends and seasonal variation, then applied Bayesian, Box-Jenkins and combined forecasts.

The research findings were as follows :

1. The number of Thai books, English books and Theses checking out from the library showed linear and seasonal variation, linear and seasonal variation, and quadratic and seasonal variation with the additive integrated models at .01 significance level. Furthermore, the number of primary and secondary school students enrollment showed quadratic and exponential trends at .01 significance level.
2. The best methods for time series data with seasonal variation, Thai books and English books, were the combined forecasts for small data that came from HWS and REG using the first and second weighted average. The best method for Theses was the combined forecasts that came from HWS and REG using the first weighted average. The best method for time series data with nonseasonal variation, primary school students enrollment was B-J, and the secondary school students enrollment was BAYES.
3. The best method for time series data with linear and seasonal variation was the combined forecasts for small data, for time series data with quadratic and seasonal variation was the combined forecasts for large data, for time series with quadratic trend and nonseasonal variation was B-J and for time series with exponential trend and nonseasonal variation was BAYES, respectively.

Department Educational Research

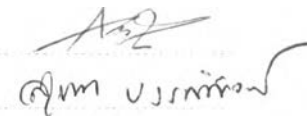
Field of study Educational Statistics

Academic year 2001

Student's signature

Advisor's signature

Co-advisor's signature





## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา บวรกิตติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ และขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศิริ แต่สมบัติ ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการพยากรณ์ และกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจและเอาใจใส่อย่างดียิ่งตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิจัยการศึกษาทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ แก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนวิจัยสำหรับการทำวิจัย ในครั้งนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ในศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่ในสำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูลสถิติที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณทัศนีย์ อินทนู ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ด้วยดีเสมอมา รวมทั้งขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ชาวภาควิชาวิจัยการศึกษา ที่ให้กำลังใจและช่วยเหลือตลอดมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คือ ด.ต.ประสิทธิ์-นางบัวทอง ทองไสย ที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมทั้งพี่ชายและครอบครัว และที่ลืมไม่ได้คือ พี่ ๆ เพื่อนครู ภารโรง และลูกศิษย์ที่นำรักทุกคนที่โรงเรียนมาจะหลวย (กรป.กลางอุปถัมภ์) ตลอดจนทุก ๆ ท่านที่ไม่ได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

อัจฉราวรรณ ทองไสย

## สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....  | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                       | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ.....  | ฉ    |
| สารบัญตาราง.....  | ฅ    |
| สารบัญภาพ.....  | ฎ    |
| บทที่   |      |
| 1. บทนำ   |      |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                           | 1    |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                                  | 5    |
| สมมติฐานการวิจัย.....   | 5    |
| ขอบเขตของการวิจัย.....  | 6    |
| ข้อจำกัดของการวิจัย.....                                      | 6    |
| ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย.....                              | 7    |
| นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....                          | 7    |
| ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                                | 8    |
| 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                             |      |
| ตอนที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพยากรณ์.....                | 9    |
| ตอนที่ 2 การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา.....                      | 13   |
| ตอนที่ 3 การพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์.....                       | 15   |
| ตอนที่ 4 การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....               | 24   |
| ตอนที่ 5 วิธีการพยากรณ์ร่วม.....                              | 36   |
| ตอนที่ 6 กรณีในการเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการพยากรณ์..... | 46   |
| ตอนที่ 7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                           | 47   |
| 3. วิธีดำเนินการวิจัย   |      |
| ลักษณะและแหล่งที่มาของข้อมูล.....                             | 56   |
| เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....                               | 57   |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล.....                                      | 58   |
| การวิเคราะห์ข้อมูล.....                                       | 58   |

## สารบัญ (ต่อ)

| บทที่  | หน้า |
|--|------|
| 4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล  |      |
| ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน.....  | 67   |
| ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและ<br>การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล..... | 68   |
| ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์.....  | 75   |
| ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....                                      | 82   |
| ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม.....                                       | 102  |
| ตอนที่ 6 ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์.....   | 115  |
| ตอนที่ 7 ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า.....   | 136  |
| ตอนที่ 8 ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์เพื่อตอบสนองมติฐาน.....   | 138  |
| 5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ  |      |
| สรุปผลการวิจัย.....  | 139  |
| อภิปรายผลการวิจัย.....   | 146  |
| ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย.....  | 151  |
| ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป.....  | 152  |
| รายการอ้างอิง.....   | 153  |
| ภาคผนวก  |      |
| ภาคผนวก ก.....   | 158  |
| ภาคผนวก ข.....   | 161  |
| ภาคผนวก ค.....   | 166  |
| ภาคผนวก ง.....   | 177  |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....  | 188  |



## สารบัญตาราง

| ตาราง   | หน้า |
|---|------|
| 1 การเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์.....  | 12   |
| 2 การสร้างตัวแปรเวลาล้าหลัง.....  | 26   |
| 3 ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของโมเดลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาคงที่..... | 31   |
| 4 โมเดล ARMA(p,q) และเงื่อนไขความคงที่และ invertible.....   | 32   |
| 5 โมเดล ARIMA(p,1,q) ของอนุกรมเวลา $\{Z_t\}$ และ $\{Y_t\}$ .....  | 33   |
| 6 ลักษณะของ $\rho_k(Y_t)$ , $\rho_k(Z_t)$ , $\rho_{kk}(Z_t)$ สำหรับโมเดล ARIMA(p,d,q).....                                  | 34   |
| 7 โมเดล SARMA(P,Q) <sub>L</sub> ของอนุกรมเวลา $\{Y_t\}$ .....   | 34   |
| 8 ลักษณะของ $\rho_k(Z_t)$ , $\rho_{kk}(Z_t)$ สำหรับโมเดล SARMA(P,Q) <sub>12</sub> .....                                     | 34   |
| 9 การแปลผลค่าเบียร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย.....   | 47   |
| 10 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีของเบย์.....   | 51   |
| 11 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....   | 52   |
| 12 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีการพยากรณ์ร่วม.....  | 54   |
| 13 แบบบันทึกข้อมูลปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์.....  | 57   |
| 14 แบบบันทึกข้อมูลจำนวนนักเรียน.....  | 57   |
| 15 การแจกแจงของตัวแปรและค่าสถิติพื้นฐาน.....  | 67   |
| 16 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มจากโมเดลแนวโน้มและฤดูกาลโดยใช้สถิติทดสอบ partial t.....                          | 73   |
| 17 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงฤดูกาลจากโมเดลแนวโน้มและฤดูกาลโดยใช้สถิติทดสอบ partial F.....             | 73   |
| 18 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย.....   | 74   |
| 19 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์.....  | 76   |
| 20 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์.....                                     | 78   |
| 21 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์.....   | 79   |
| 22 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์.....                                       | 81   |
| 23 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์.....                                       | 82   |
| 24 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....                                | 87   |
| 25 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....                             | 91   |
| 26 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....                                   | 95   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตาราง  | หน้า |
|--|------|
| 27 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....  | 98   |
| 28 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....  | 102  |
| 29 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม.....  | 104  |
| 30 เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสอง<br>ของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ $U$ มีค่า 1-20 จากวิธีพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 1 ของข้อมูลที่มีการ<br>เปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล.....                                      | 104  |
| 31 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 12 เดือนล่วงหน้า<br>ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม.....   | 106  |
| 32 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม.....   | 107  |
| 33 เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสอง<br>ของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ $U$ มีค่า 3, 6, 9 และ 12 และ $\beta$ มีค่า .1-.9 จากวิธีพยากรณ์ร่วม<br>วิธีที่ 2 ของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล.....    | 108  |
| 34 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม.....   | 111  |
| 35 เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสอง<br>ของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ $U$ มีค่า 1-20 จากวิธีพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 1 ของข้อมูลที่ไม่<br>มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล.....                                   | 111  |
| 36 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม.....   | 113  |
| 37 เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสอง<br>ของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ $U$ มีค่า 3, 6, 9 และ 12 และ $\beta$ มีค่า .1-.9 จากวิธีพยากรณ์ร่วม<br>วิธีที่ 2 ของข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล..... | 113  |
| 38 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1).....   | 130  |
| 39 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2).....  | 131  |
| 40 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3).....  | 133  |
| 41 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1).....  | 134  |
| 42 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2).....  | 135  |
| 43 สรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์.....   | 136  |
| 44 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1).....   | 162  |
| 45 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2).....  | 162  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตาราง   | หน้า |
|---|------|
| 46 ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3).....         | 163  |
| 47 จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)..... | 164  |
| 48 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)..... | 165  |

## สารบัญภาพ

| ภาพ   | หน้า |
|---|------|
| 1 การพยากรณ์เชิงปริมาณและการพยากรณ์เชิงคุณภาพ.....  | 9    |
| 2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงข้อมูล.....   | 11   |
| 3 การรวมตัวของแนวโน้มและฤดูกาลแบบบวกและแบบคูณ.....  | 14   |
| 4 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา.....  | 15   |
| 5 The Bayesian forecasting model.....   | 16   |
| 6 ลักษณะอนุกรมเวลาแบบคงที่ ไม่คงที่ และมีฤดูกาล.....  | 25   |
| 7 ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์.....   | 36   |
| 8 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มและ/หรือฤดูกาล.....  | 60   |
| 9 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1).....   | 69   |
| 10 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2).....   | 70   |
| 11 ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3).....   | 70   |
| 12 จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1).....   | 71   |
| 13 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา(STUDENT2).....  | 71   |
| 14 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1).....  | 84   |
| 15 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติและลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติบางส่วนของผลต่างและผลต่าง<br>ฤดูกาลลำดับที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1).....    | 85   |
| 16 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2).....   | 88   |
| 17 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติและลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติบางส่วนของผลต่างและผลต่าง<br>ฤดูกาลลำดับที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)..... | 89   |
| 18 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3).....   | 92   |
| 19 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติและลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติบางส่วนของผลต่างและผลต่าง<br>ฤดูกาลลำดับที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3).....       | 93   |
| 20 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1).....   | 96   |
| 21 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติและฟังก์ชันอัตโนมัติบางส่วนของผลต่างลำดับที่ 2 ของ<br>ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1).....                    | 97   |
| 22 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา(STUDENT2).....  | 99   |
| 23 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติและฟังก์ชันอัตโนมัติบางส่วนของผลต่างลำดับที่ 2 ของ<br>ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา(STUDENT2).....                     | 100  |

## สารบัญญภาพ(ต่อ)

| ภาพ   | หน้า |
|---|------|
| 24 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือ<br>ภาษาไทย (BOOK1).....    | 120  |
| 25 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย<br>(BOOK1).....      | 121  |
| 26 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือ<br>ภาษาอังกฤษ (BOOK2)..... | 121  |
| 27 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือ<br>ภาษาอังกฤษ (BOOK2).....  | 123  |
| 28 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์<br>(BOOK3).....        | 123  |
| 29 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์<br>(BOOK3).....         | 125  |
| 30 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา<br>(STUDENT1).....      | 125  |
| 31 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา<br>(STUDENT1).....       | 127  |
| 32 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา<br>(STUDENT2).....      | 127  |
| 33 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา<br>(STUDENT2).....       | 129  |