การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ร่วมและการพยากรณ์เดี่ยว ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่มีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

นางสาวทัศนีย์ อินทนู

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติการศึกษา ภาควิชาวิจัยการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-346-678-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 3 ก.ย. 2546

I19521960

A COMPARISON OF ERRORS BETWEEN COMBINED AND INDIVIDUAL FORECASTS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES WITH SEASONAL AND NONSEASONAL VARIATION

MISS TUSANEE INTANOO

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 974-346-678-9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ร่วมและการพยากรณ์เดี่ยว ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่มีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล
โดย	นางสาวทัศนีย์ อินทนู
ภาควิชา	วิจัยการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา บวรกิติวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศิริ แต้สมบัติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พฤทธิ์ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาดา บวรกิติวงศ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร. ทรงศิริ แต้สมบัติ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. นงลักษณ์ วิรัชชัย)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาตราจารย์ เพียงใจ ศุขโรจน์)

ทัศนีย์ อินทนู : การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ร่วมและการพยากรณ์เดี่ยว ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่มีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล (A COMPARISON OF ERRORS BETWEEN COMBINED AND INDIVIDUAL FORECASTS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES WITH SEASONAL AND NONSEASONAL VARIATION) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. สุชาดา บวรกิติวงศ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. ทรงศิริ แต้สมบัติ, 199 หน้า. ISBN 974-346-678-9

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 8 วิธี ได้แก่ SMA, SES, DES, LES, TES HWS, REG และB-J และวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยการใช้น้ำหนักเฉลี่ยของ Newbold และ Granger 2 แบบ เพื่อพยากรณ์ 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า โดยใช้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ MAPE และ MSE เป็นเกณฑ์ ฐานข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มี 2 ฐาน ฐานแรกคือข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน 3 ชุด ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ 65 ช่วงเวลา ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ฐานที่สองคือ ข้อมูลอนุกรมเวลารายปี 2 ชุด ได้แก่ จำนวนครูวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ 14 ปี ของกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จากกองแผนงาน กรมสามัญศึกษา เป็นข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาค่าสถิติพื้นฐาน การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย การพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว การพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม การเปรียบเทียบการพยากรณ์ และผลการพยากรณ์ล่วงหน้า

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทยมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นโค้งและฤดูกาล หนังสือภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาล โดยมีการรวมตัวกันแบบบวก ส่วนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นโค้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธี HWS กับวิธี REG โดยให้น้ำหนักแบบที่ 2 หนังสือภาษาอังกฤษ คือ วิธี HWS และวิทยานิพนธ์ คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธี HWS กับวิธี REG โดยให้น้ำหนักแบบที่ 1 และสำหรับ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนครูวิทยาศาสตร์และจำนวนครูคณิตศาสตร์ คือวิธีการพยากรณ์ร่วม ซึ่งได้จากการนำวิธีการพยากรณ์ทุกวิธีมารวมกัน (SMA, SES, DES, LES, TES และ REG) โดยให้น้ำหนักแบบที่ 1 และแบบที่ 2 ตามลำดับ

3. ค่าพยากรณ์ในเดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 สำหรับปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย คือ 4,786, 4,554, 4,868, 5,091, 2,869, 2,811, 2,290, 4,695, 5,321 และ 5,751 เล่ม ตามลำดับ ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ คือ 789, 718, 723, 710, 448, 433, 379, 750, 771 และ 821 เล่ม ตามลำดับ และปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ คือ 9,740, 8,057, 8,754, 8,833, 8,078, 6,605, 4,254, 7,372, 8,155 และ 9,091 เล่ม ตามลำดับ ค่าพยากรณ์ในปีการศึกษา 2542 ถึง ปีการศึกษา 2551 ของจำนวนครูวิทยาศาสตร์ คือ 18,189, 18,714, 19,251, 19,801, 20,362, 20,937, 21,523, 22,122, 22,733 และ 23,356 คน ตามลำดับ และของจำนวนครูคณิตศาสตร์ คือ 12,637, 13,239, 13,887, 14,581, 15,320, 16,104, 16,934, 17,809, 18,730 และ 19,696 คน ตามลำดับ

ภาควิชา .....วิจัยการศึกษา.....

สาขาวิชา .....สถิติการศึกษา.....

ปีการศึกษา .....2543.....

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4183697327 : MAJOR EDUCATIONAL STATISTICS

KEY WORD : TIME SERIES, COMBINED FORECASTS

TUSANEE INTANOO : A COMPARISON OF ERRORS BETWEEN COMBINED AND INDIVIDUAL FORECASTS IN FORECASTING EDUCATIONAL TIME SERIES WITH SEASONAL AND NONSEASONAL VARIATION. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SUCHADA BOWARNKITIWONG, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ASSO. PROF. SONGSIRI TAESOMBUT, Ph.D. 199 pp. ISBN 974-346-678-9

The purpose of this research was to compare the errors between combined and individual forecasts by using weighted average of Newbold and Granger and 8 individual methods. These 8 methods were SMA, SES, DES, LES, TES, HWS, REG and B-J, using 2 error measures MAPE and MSE as criteria. In addition, the researcher forecasted 10 lead times. Two data bases were used in this study. The first were three sets of 65 monthly time series data with seasonal variation, namely Thai books, English books and theses in circulation, obtaining from the Educatonal Information Center, Faculty of Education, Chulalongkorn University. The second were two sets of 14 yearly time series data with nonseasonal variation of Science and Mathematics teachers collecting from Planing Division, Department of General Education. The research instruments were data recording forms. The data were analyzed using graph and regression analysis to check for trends and seasonal variation, using individual and combined forecasts to check the forecasting results and lead time forecasting.

The research findings were as follows :

1. The numbers of Thai books, English books and theses checking out from the library showed quadratic and seasonal variation, linear and seasonal variation, and linear and seasonal variation with the additive integrated models at .01 significance level. Furthermore, the numbers of Science and Mathematics teachers showed quadratic trends at .01 significance level.

2. The best methods for time series data with seasonal variation, Thai books and theses, were the combined forecast that came from HWS and REG using the second and first weighted average. The best method for English books was HWS. The best methods for time series data with nonseasonal variation, Science and Mathematics teachers, were the combined forecast that came from combining every methods together (SMA, SES, DES, LES, TES and REG) using the first and second weighted average.

3. The forecasts from November 1999 to August 2000 for Thai books would be 4,786, 4,554, 4,868, 5,091, 2,869, 2,811, 2,290, 4,695, 5,321 and 5,751 , for English books would be 789, 718, 723, 710, 448, 433, 379, 750, 771 and 821, and for Theses would be 9,740, 8,057, 8,754, 8,833, 8,078, 6,605, 4,254, 7,372, 8,155 and 9,091, respectively. The forecasts of the number of teachers in the academic year of 1999 to 2008 for Science teachers would be 18,189, 18,714, 19,251, 19,801, 20,362, 20,937, 21,523, 22,122, 22,733 and 23,356 and for Mathematics teachers would be 12,637, 13,239, 13,887, 14,581, 15,320, 16,104, 16,934, 17,809, 18,730 and 19,696, respectively.

Department.....Educational..Research..... Student's signature.....

Field of study.....Educational..Statistics..... Advisor's signature.....

Academic year.....2000..... Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาตราจารย์ ดร.สุชาดา บวรกิติวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาทางวิชาการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจและเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศิริ แต้สมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้เกี่ยวกับเทคนิคการพยากรณ์ และกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจและเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่งตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย ที่กรุณาประสิทธิ์ประสาทความรู้ กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ เมตตา ห่วงใย และคอยให้กำลังใจ เป็นอย่างดียิ่งตลอดมา และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิจัยการศึกษาทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณบุคลากรของกองแผนงาน กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และบุคลากรของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงการณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ภาควิชาวิจัยการศึกษา ที่ให้กำลังใจ ช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ด้วยดีตลอดมา และโดยที่ทุนในการวิจัยครั้งนี้ส่วนหนึ่งได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา และพี่ ๆ ที่เป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา ตลอดจนทุก ๆ ท่านที่มิได้กล่าวนามมา ณ ที่นี้ที่มีส่วนช่วยให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ทัศนีย์ อินทนู

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่

1. บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
ขอบเขตของการวิจัย 7
ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย 7
นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

2. วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการพยากรณ์ 9
ตอนที่ 2 วิธีการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา 13
ตอนที่ 3 วิธีการพยากรณ์ร่วม 56
ตอนที่ 4 เกณฑ์ในการเปรียบเทียบความสามารถของวิธีการพยากรณ์ 58
ตอนที่ 5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 60

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ลักษณะและแหล่งที่มาของข้อมูล 66
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 67
การเก็บรวบรวมข้อมูล 67
การวิเคราะห์ข้อมูล 68

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน 74

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและ
การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล 75
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 86
ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม 107
ตอนที่ 5 ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 124
ตอนที่ 6 ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า 147
5. สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ
สรุปผลการวิจัย 151
อภิปรายผลการวิจัย 162
ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 166
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 166
รายการอ้างอิง 167
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 172
ภาคผนวก ข 174
ภาคผนวก ค 192
ประวัติผู้วิจัย 199

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

1 การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ 13
2 การเปรียบเทียบลักษณะแนวโน้มและฤดูกาลของวิธีการพยากรณ์ 23
3 การสร้างตัวแปรเวลาล้าหลัง (lag time variables) 26
4 ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของอนุกรมเวลาคงที่ 33
5 ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของรูปแบบการวิเคราะห์อนุกรมเวลาคงที่ สำหรับรูปแบบ ARMA(p,q) 38
6 การหาผลต่างของอนุกรมเวลา 39
7 ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของรูปแบบการวิเคราะห์อนุกรมเวลาไม่คงที่ สำหรับรูปแบบ ARIMA(p,d,q) 43
8 ลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของรูปแบบการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่มีฤดูกาลที่คงที่ สำหรับรูปแบบ SARMA$(P,Q)_{12}$ 46
9 สูตรที่ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ 51
10 สมการพยากรณ์ของวิธีบ๊อกซ์-เจนกิ้นส์ 54
11 การแปลผลค่าเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย 59
12 แบบบันทึกข้อมูลปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์ประเภท.....(เล่ม) 67
13 แบบบันทึกข้อมูลจำนวนครู..... (คน) 67
14 ค่าสถิติพื้นฐานของตัวแปร 75
15 ปริมาณ (เล่ม) การยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 77
16 ปริมาณ (เล่ม) การยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 78
17 ปริมาณ (เล่ม) การยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 79
18 จำนวนครูวิทยาศาสตร์ (TEACH1) 80
19 จำนวนครูคณิตศาสตร์ (TEACH2) 80
20 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มจากรูปแบบแนวโน้มและฤดูกาลโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย 84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

21 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย 84
22 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย 86
23 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ 10 เดือนล่วงหน้า ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย 90
24 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ 10 เดือนล่วงหน้า ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 95
25 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ 10 เดือนล่วงหน้า ของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ 100
26 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ 10 ปีล่วงหน้า ของข้อมูลจำนวนครูวิทยาศาสตร์ 103
27 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ 10 ปีล่วงหน้า ของข้อมูลจำนวนครูคณิตศาสตร์ 106
28 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วม 10 เดือนล่วงหน้า ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย 110
29 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วม 10 เดือนล่วงหน้า ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 113
30 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วม 10 เดือนล่วงหน้า ของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ 116
31 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วม 10 ปีล่วงหน้า ของข้อมูลจำนวนครูวิทยาศาสตร์ 120
32 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วม 10 ปีล่วงหน้า ของข้อมูลจำนวนครูคณิตศาสตร์ 123
33 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย 141
34 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 142
35 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ 143

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

36 การเปรียบเทียบอันดับของวิธีการพยากรณ์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย ภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ 144

37 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจำนวนครูวิทยาศาสตร์ 145

38 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลข้อมูลจำนวนครูคณิตศาสตร์ 146

39 การเปรียบเทียบอันดับของวิธีการพยากรณ์ของข้อมูลจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ 147

40 ผลการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย 175

41 ผลการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 177

42 ผลการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ 179

43 ผลการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนครูวิทยาศาสตร์ 182

44 ผลการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนครูคณิตศาสตร์ 183

45 ผลการพยากรณ์ร่วมข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย 184

46 ผลการพยากรณ์ร่วมข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 186

47 ผลการพยากรณ์ร่วมข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ 188

48 ผลการพยากรณ์ร่วมข้อมูลจำนวนครูวิทยาศาสตร์ 191

49 ผลการพยากรณ์ร่วมข้อมูลจำนวนครูคณิตศาสตร์ 191

สารบัญภาพ

ภาพ หน้า

1 การพยากรณ์เชิงปริมาณและการพยากรณ์เชิงคุณภาพ 9
2 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล 11
3 การรวมตัวของแนวโน้มและฤดูกาลแบบบวกและแบบคูณ 15
4 ลักษณะอนุกรมเวลาแบบคงที่ ไม่คงที่ และมีฤดูกาล 25
5 ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ลดลงอย่างรวดเร็ว (cuts off) หลังเวลาล้าหลัง k 29
6 ฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของกลุ่มตัวอย่างที่ลดลงอย่างช้า ๆ (dies down) หลังเวลาล้าหลัง k 30
7 ขั้นตอนการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ๊อกซ์-เจนกิ้นส์ 34
8 การหาผลต่างของอนุกรมเวลา 40
9 การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มและ/หรือฤดูกาล 69
10 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 77
11 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 78
12 ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 79
13 จำนวนครูวิทยาศาสตร์ (TEACH1) 80
14 จำนวนครูคณิตศาสตร์ (TEACH2) 81
15 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย 91
16 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 95
17 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ 100
18 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณจำนวนครูวิทยาศาสตร์ 104
19 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณจำนวนครูคณิตศาสตร์ 106
20 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วมปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย 111
21 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วมปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 114
22 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วมปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ 117
23 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วมจำนวนครูวิทยาศาสตร์ 121
24 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ร่วมจำนวนครูคณิตศาสตร์ 124
25 การเปรียบเทียบค่าที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ของปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย .. 126

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ หน้า

26 การเปรียบเทียบค่าที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ของปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 129
27 การเปรียบเทียบค่าที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ของปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ 132
28 การเปรียบเทียบค่าที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ของจำนวนครูวิทยาศาสตร์ 135
29 การเปรียบเทียบค่าที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ของจำนวนครูคณิตศาสตร์ 138