

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่ค่าพยากรณ์ได้จากวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 8 วิธี ได้แก่ วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (SES) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (DES) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ (LES) วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) วิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (B-J) และวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยการใช้น้ำหนักเฉลี่ยของ Newbold และ Granger 2 แบบ ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยใช้การวัดค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน สมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ และประการที่สอง เพื่อพยากรณ์ปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และพยากรณ์จำนวนครุวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์ สังกัดกรมสามัญศึกษา 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า

จากฐานข้อมูล 2 ฐาน ได้แก่ ปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์ ซึ่งแยกเป็นหนังสือภาษาไทย หนังสือภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ปีการศึกษา 2537 ถึง เดือนตุลาคม ปีการศึกษา 2542 รวมเป็นอนุกรมเวลารายเดือน 65 เดือน ปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล จากบันทึกสถิติรายเดือนของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และฐานข้อมูลฐานที่สอง คือ จำนวนครุวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา ที่ปฏิบัติงานในระหว่างปีการศึกษา 2528-2541 เป็นอนุกรมเวลารายปี 14 ปี เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล จากหนังสือบันทึกสถิติฉบับย่อของกองแผนงาน กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบบันทึกข้อมูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 6 ตอน คือ ตอนแรก ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ตอนที่สอง ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลง

เนื่องจากฤดูกาล ตอนที่สาม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว ตอนที่สี่ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม ตอนที่ห้า ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ และตอนที่หก ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า

สรุปผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ผลการวิจัยพบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล วิทยานิพนธ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนหนังสือภาษาอังกฤษมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด เมื่อพิจารณาค่าความเบ้และค่าความโด่ง พบว่าค่าความเบ้ของข้อมูลทั้งสามนี้มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีการแจกแจงที่มีลักษณะใกล้เคียงโค้งปกติ แต่ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทยและวิทยานิพนธ์ มีค่าความโด่งสูง เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่าปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย มีการกระจายสูงสุด และวิทยานิพนธ์มีการกระจายต่ำสุด และสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล พบว่าตัวแปรจำนวนครุวิทยาสาสตร์มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าจำนวนครุคณิตศาสตร์ ค่าความเบ้และค่าความโด่ง พบว่าตัวแปรทั้งสองมีการแจกแจงเป็นโค้งเบ้ทางขวามีค่าความโด่งสูงกว่าโค้งปกติ เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่าตัวแปรจำนวนครุวิทยาสาสตร์มีการกระจายมากกว่าจำนวนครุคณิตศาสตร์

2. ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย พบว่าข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทยมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นโค้งและฤดูกาลแบบบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่รูปแบบแบบบวกสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทยได้ 81.4% ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลแบบบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่รูปแบบแบบบวกสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ ได้ 64.0% และ 77.2% ตามลำดับ ส่วนข้อมูลจำนวนครุวิทยาสาสตร์ และจำนวนครุคณิตศาสตร์ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นโค้งควอดราติกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยแนวโน้มแบบเส้นโค้งควอดราติก สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลจำนวนครุวิทยาสาสตร์และจำนวนครุคณิตศาสตร์ ได้ 97.7% และ 98.6% ตามลำดับ

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์เดี่ยว

3.1 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย มีสมการการพยากรณ์ ช่วงเวลาที่ 66 เป็นต้นไป ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{65+p}=3,957 ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (SES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p}=3,108 ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (DES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p}=4,181.339+50.074p ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ (LES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p}=4,679.673+108.286p ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p}=4,310.449+80.612p+1.723p^2 ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) เมื่อแนวโน้มและฤดูกาลมีการรวมตัวกันแบบบวก มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p}=3,891.95+9.694p+s_t ; p \geq 1$ มีค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล s_t เป็น 275.687, 892.562, 1,268.646, 1,232.229, -1,810.584, 679.354, 425.554, 701.704, 887.220, -1,374.480, -1,307.763 และ -1,870.130 ตามลำดับ

วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_t=1,136.329 -98.617t+1.739t^2+3,193.987X_1+3,660.384X_2+4,097.969X_3+4,078.744X_4+625.207X_5 +3,358.119X_6+3,039.461X_7+3,323.924X_8+3,514.910X_9+1,261.018X_{10}+549.848X_{11} ; t \geq 66$

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่ารูปแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทยมากที่สุด คือ $ARI(1,2) \times SIMA(1,1)_{12}$ และเขียนสมการพยากรณ์ได้ว่า $\hat{Y}_t=1.3583Y_{t-1}+.2834 Y_{t-2}-2.6417Y_{t-13}-.2834Y_{t-14}+.6417Y_{t-15}+e_t-.4914e_{t-12} ; t \geq 66$

ผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและลดลงในทิศทางเดียวกัน วิธีการเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (SES) มีลักษณะการเคลื่อนไหวคงที่เท่ากันทุกช่วงเวลา วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (B-J) มีอัตราการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

3.2 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ มีสมการการพยากรณ์ช่วงเวลา
66 เป็นต้นไป ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{65+p}=577 ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (SES) มีสมการพยากรณ์คือ
 $\hat{Y}_{65+p}=576 ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (DES) มี
สมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{65+p}=629.451+6.602p ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ (LES) มี
สมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p}=662.319+11.272p ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) มี
สมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p}=640.565+8.684p+.073p^2 ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) เมื่อแนวโน้มและฤดูกาลมีการ
รวมตัวกันแบบบวก มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p}=634.07+2.122p+s_p ; p \geq 1$ มีค่าวัดอิทธิพลของ
ฤดูกาล s_p เป็น 98.958, 117.833, 165.791, 60.583, -144.917, 153.020, 79.758, 82.275,
67.225, -197.059, -213.342 และ -270.125 ตามลำดับ

วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีสมการพยากรณ์ คือ
 $\hat{Y}_t=3.510t+419.084X_1+447.074X_2+479.397X_3+400.720X_4+140.377X_5+348.060X_6$
 $+346.150X_7+351.240X_8+338.930X_9+76.420X_{10}+63.310X_{11} ; t \geq 66$

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่ารูปแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือ
ภาษาอังกฤษมากที่สุด คือ $ARI(1,1) \times SI(1)_{12}$ และเขียนสมการพยากรณ์ได้ว่า
 $\hat{Y}_t=.4384Y_{t-1}+.5616 Y_{t-2}+Y_{t-12}-.4384Y_{t-13}-.5616Y_{t-14}+e_t ; t \geq 66$

ผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่า
การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบ 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (DES) วิธีการปรับให้เรียบ 2 ครั้ง
ตามแบบของโฮลท์ (LES) และวิธีการปรับให้เรียบ 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) มีลักษณะ
การเคลื่อนไหวในอัตราเพิ่มขึ้นเล็กน้อย วิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการ
วิเคราะห์การถดถอย (REG) มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและลดลงในทิศทางเดียวกัน วิธีการ
เฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (SES)
ลักษณะการเคลื่อนไหวคงที่เท่ากันทุกช่วงเวลาและมีค่าเกือบเท่ากัน วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (B-J) มี
อัตราการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

3.3 ข้อมูลปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ มีสมการการพยากรณ์ช่วงเวลาที่เป็นต้นไป ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{65+p} = 4,986$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (SES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p} = 4,574$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (DES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p} = 4,220.197 - 85.514p$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ (LES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p} = 4,321.149 - 69.734p$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p} = 3,584.752 - 206.523p - 5.623p^2$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) เมื่อแนวโน้มและฤดูกาลมีการรวมตัวกันแบบบวก มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{65+p} = 4818.42 - 78.792p + s_t$; $p \geq 1$ มีค่าวัดอิทธิพลของฤดูกาล s_t เป็น 45.921, 305.650, 1,342.463, 778.984, -2,278.808, 1,717.171, 55.867, 796.217, 886.434, 161.584, -1,289.466 และ -2,522.016 ตามลำดับ

วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_t = 5,837.752 - 86.860t + 3,515.401X_1 + 4,679.094X_2 + 5,801.287X_3 + 5,197.980X_4 + 2,282.007X_5 + 5,974.841X_6 + 4,328.701X_7 + 5,047.161X_8 + 5,168.821X_9 + 4,445.680X_{10} + 3,007.940X_{11}$; $t \geq 66$

วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ พบว่ารูปแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์มากที่สุด คือ $IMA(1,1) \times SARI(1,1)_{12}$ และเขียนสมการพยากรณ์ได้ว่า $\hat{Y}_t = Y_{t-1} + .3066Y_{t-12} - .3066Y_{t-13} + .6934Y_{t-24} - .6934Y_{t-25} + \epsilon_t - .7472e_{t-1}$; $t \geq 66$

ผลการพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบ 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) มีลักษณะการเคลื่อนไหวในอัตราที่ลดลงเร็วกว่าวิธีการปรับให้เรียบ 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (DES) และวิธีการปรับให้เรียบ 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ (LES) ส่วนวิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (B-J) มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและ

ลดลงในทิศทางเดียวกัน วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (SES) ลักษณะการเคลื่อนไหวคงที่เท่ากันทุกช่วงเวลา

3.4 ข้อมูลจำนวนครุวิทยาสตร มีสมการการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 15 เป็นต้นไป ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{14+p} = 1,7268$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (SES) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{14+p} = 1,7595$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (DES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{14+p} = 16,388.367 + 282.045p$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของไฮลท์ (LES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{14+p} = 17,595 + 426.769p$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{14+p} = 17,374.298 + 691.225p + 48.082p^2$; $p \geq 1$

วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_t = 12,274.582 - 129.020t + 39.053t^2$; $t \geq 15$

ผลการพยากรณ์จำนวนครุวิทยาสตร 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีอัตราการเพิ่มมากที่สุด รองลงมา คือ วิธีการปรับให้เรียบ 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) และวิธีการปรับให้เรียบ 2 ครั้งตามแบบของไฮลท์ (LES) ตามลำดับ วิธีที่มีอัตราการเพิ่มน้อยที่สุด คือ วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA)

3.5 ข้อมูลจำนวนครุคณิตศาสตร์ มีสมการการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 15 เป็นต้นไป ด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{14+p} = 11,610$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (SES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{Y}_{14+p} = 11,892$; $p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (DES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{y}_{14+p} = 10,954.404 + 129.181p ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ (LES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{y}_{14+p} = 11,925.202 + 275.936p ; p \geq 1$

วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) มีสมการพยากรณ์คือ $\hat{y}_{14+p} = 11,906.276 + 519.098p + 46.248p^2 ; p \geq 1$

วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = 9,106.077 - 164.278t + 27.122t^2 ; t \geq 15$

ผลการพยากรณ์จำนวนครุคณิตศาสตร์ 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีอัตราการเพิ่มมากที่สุด รองลงมา คือ วิธีการปรับให้เรียบ 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) และวิธีการปรับให้เรียบ 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ (LES) ตามลำดับ วิธีที่มีอัตราการเพิ่มน้อยที่สุด คือ วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA)

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม

4.1 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย มีสมการการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 66 เป็นต้นไป ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วมต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 1 (C1) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .78738\hat{y}_t^{(HWS)} + .21262\hat{y}_t^{(REG)} ; t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 2 (C2) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .15888\hat{y}_t^{(SMA)} + .08038\hat{y}_t^{(SES)} + .32909\hat{y}_t^{(DES)} + .15792\hat{y}_t^{(LES)} + .27373\hat{y}_t^{(TES)} ; t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 3 (C3) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .01073\hat{y}_t^{(SMA)} + .00628\hat{y}_t^{(SES)} + .02029\hat{y}_t^{(DES)} + .01260\hat{y}_t^{(LES)} + .01343\hat{y}_t^{(TES)} + 61806\hat{y}_t^{(HWS)} + .3186\hat{y}_t^{(REG)} ; t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 4 (C4) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .79109\hat{y}_t^{(HWS)} + .20891\hat{y}_t^{(REG)} ; t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 5 (C5) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .15891\hat{y}_t^{(SMA)} + .08037\hat{y}_t^{(SES)} + .32908\hat{y}_t^{(DES)} + .15786\hat{y}_t^{(LES)} + .27378\hat{y}_t^{(TES)} ; t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 6 (C6) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .01039 \hat{y}_{t(SMA)} + .00609 \hat{y}_{t(SES)} + .01961 \hat{y}_{t(DES)} + .01222 \hat{y}_{t(LES)} + .01286 \hat{y}_{t(TES)} + 39839 \hat{y}_{t(HWS)} + .34045 \hat{y}_{t(REG)}$; $t \geq 66$

ผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์รวมกลุ่มที่ 1, 3, 4 และ 6 มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและลดลงในทิศทางเดียวกัน และผลการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 5 หรือกลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่ 4 บางช่วงเวลาก็มีค่าเท่ากันหรือมีค่าใกล้เคียงกันมากจนกระทั่งไม่สามารถเห็นถึงความแตกต่างเลย

4.2 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ มีสมการการพยากรณ์ช่วงเวลา^{ที่} 66 เป็นต้นไป ด้วยวิธีการพยากรณ์รวมต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

วิธีการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 1 (C1) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .68031 \hat{y}_{t(HWS)} + .31969 \hat{y}_{t(REG)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 2 (C2) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .05785 \hat{y}_{t(SMA)} + .06189 \hat{y}_{t(SES)} + .11148 \hat{y}_{t(DES)} + .10373 \hat{y}_{t(LES)} + .66505 \hat{y}_{t(TES)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 3 (C3) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .02635 \hat{y}_{t(SMA)} + .02714 \hat{y}_{t(SES)} + .04627 \hat{y}_{t(DES)} + .03144 \hat{y}_{t(LES)} + .06453 \hat{y}_{t(TES)} + .54714 \hat{y}_{t(HWS)} + 25713 \hat{y}_{t(REG)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 4 (C4) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .68125 \hat{y}_{t(HWS)} + .31875 \hat{y}_{t(REG)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 5 (C5) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .06571 \hat{y}_{t(SMA)} + .06835 \hat{y}_{t(SES)} + .11777 \hat{y}_{t(DES)} + .11514 \hat{y}_{t(LES)} + .63303 \hat{y}_{t(TES)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 6 (C6) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .02252 \hat{y}_{t(SMA)} + .02317 \hat{y}_{t(SES)} + .03934 \hat{y}_{t(DES)} + .02693 \hat{y}_{t(LES)} + .05277 \hat{y}_{t(TES)} + .42520 \hat{y}_{t(HWS)} + .21007 \hat{y}_{t(REG)}$; $t \geq 66$

ผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์รวมกลุ่มที่ 1, 3, 4 และ 6 มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและลดลงในทิศทางเดียวกัน และผลการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 5 หรือ กลุ่มที่ 1 กับกลุ่มที่

4 บางช่วงเวลาก็มีค่าเท่ากันหรือมีค่าใกล้เคียงกันมากจนกระทั่งไม่สามารถเห็นถึงความแตกต่างเลย

4.3 ข้อมูลปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ มีสมการการพยากรณ์ช่วงเวลาที 66 เป็นต้นไป ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วมต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 1 (C1) มีสมการการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .38703 \hat{y}_{t (HWS)} + .61297 \hat{y}_{t (REG)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 2 (C2) มีสมการการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .16872 \hat{y}_{t (SMA)} + .17888 \hat{y}_{t (SES)} + .17959 \hat{y}_{t (DES)} + .19892 \hat{y}_{t (LES)} + .27388 \hat{y}_{t (TES)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 3 (C3) มีสมการการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .14679 \hat{y}_{t (SMA)} + .03513 \hat{y}_{t (SES)} + .02347 \hat{y}_{t (DES)} + .03020 \hat{y}_{t (LES)} + .01164 \hat{y}_{t (TES)} + .12602 \hat{y}_{t (HWS)} + .62676 \hat{y}_{t (REG)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 4 (C4) มีสมการการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .38712 \hat{y}_{t (HWS)} + .61288 \hat{y}_{t (REG)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 5 (C5) มีสมการการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .36258 \hat{y}_{t (SMA)} + .15222 \hat{y}_{t (SES)} + .14657 \hat{y}_{t (DES)} + .16100 \hat{y}_{t (LES)} + .17763 \hat{y}_{t (TES)}$; $t \geq 66$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 6 (C6) มีสมการการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .06283 \hat{y}_{t (SMA)} + .01305 \hat{y}_{t (SES)} + .00860 \hat{y}_{t (DES)} + .01108 \hat{y}_{t (LES)} + .00426 \hat{y}_{t (TES)} + .10914 \hat{y}_{t (HWS)} + .79104 \hat{y}_{t (REG)}$; $t \geq 66$

ผลการพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วมกลุ่มที่ 1, 3, 4 และ 6 มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและลดลงในทิศทางเดียวกัน ส่วนผลการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 5 มีลักษณะการเคลื่อนไหวในอัตราลดลงอย่างสม่ำเสมอ

4.4 ข้อมูลจำนวนครูวิทยาศาสตร์ มีสมการการพยากรณ์ช่วงเวลาที 15 เป็นต้นไป ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วมต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 1 (C1) มีสมการการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .01494 \hat{y}_{t (TES)} + .98506 \hat{y}_{t (REG)}$; $t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 2 (C2) มีสมการการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .00092 \hat{y}_{t (SMA)} + .01224 \hat{y}_{t (SES)} + .00053 \hat{y}_{t (DES)} + .98631 \hat{y}_{t (LES)}$; $t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 3 (C3) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .00078 \hat{y}_{t(SMA)} + .01030 \hat{y}_{t(SSES)} + .00045 \hat{y}_{t(DES)} + .83014 \hat{y}_{t(LES)} + .00237 \hat{y}_{t(TES)} + .15597 \hat{y}_{t(REG)} ; t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 4 (C4) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .02970 \hat{y}_{t(TES)} + .97030 \hat{y}_{t(REG)} ; t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 5 (C5) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .00370 \hat{y}_{t(SMA)} + .02787 \hat{y}_{t(SSES)} + .00284 \hat{y}_{t(DES)} + .96559 \hat{y}_{t(LES)} ; t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 6 (C6) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .00274 \hat{y}_{t(SMA)} + .02126 \hat{y}_{t(SSES)} + .00208 \hat{y}_{t(DES)} + .80255 \hat{y}_{t(LES)} + .00682 \hat{y}_{t(TES)} + .16455 \hat{y}_{t(REG)} ; t \geq 15$

ผลการพยากรณ์จำนวนครุฑนิเทศศาสตร์ 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วมกลุ่มที่ 1 มีอัตราการเพิ่มมากที่สุด รองลงมาคือผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วมกลุ่มที่ 3 และ 6 ซึ่งทั้งสองกลุ่มนี้มีค่าการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงกันมาก และวิธีการพยากรณ์ร่วมกลุ่มที่ 4 มีอัตราการเพิ่มต่ำที่สุด

4.5 ข้อมูลจำนวนครุฑนิเทศศาสตร์ มีสมการการพยากรณ์ช่วงเวลาที่ 15 เป็นต้นไป ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วมต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 1 (C1) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .01931 \hat{y}_{t(TES)} + .98069 \hat{y}_{t(REG)} ; t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 2 (C2) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .05100 \hat{y}_{t(SMA)} + .17913 \hat{y}_{t(SSES)} + .03616 \hat{y}_{t(DES)} + .73371 \hat{y}_{t(LES)} ; t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 3 (C3) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .00116 \hat{y}_{t(SMA)} + .01631 \hat{y}_{t(SSES)} + .00057 \hat{y}_{t(DES)} + .00586 \hat{y}_{t(LES)} + .01885 \hat{y}_{t(TES)} + .95726 \hat{y}_{t(REG)} ; t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 4 (C4) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .04283 \hat{y}_{t(TES)} + .95717 \hat{y}_{t(REG)} ; t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 5 (C5) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .03381 \hat{y}_{t(SMA)} + .10309 \hat{y}_{t(SSES)} + .02634 \hat{y}_{t(DES)} + .83676 \hat{y}_{t(LES)} ; t \geq 15$

วิธีการพยากรณ์ร่วมในกลุ่มที่ 6 (C6) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .00432 \hat{y}_{t(SMA)} + .02332 \hat{y}_{t(SSES)} + .00286 \hat{y}_{t(DES)} + .12726 \hat{y}_{t(LES)} + .03070 \hat{y}_{t(TES)} + .81155 \hat{y}_{t(REG)} ; t \geq 15$

ผลการพยากรณ์จำนวนครุฑนิเทศศาสตร์ 10 ช่วงเวลาล่วงหน้า พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วมกลุ่มที่ 1 และ 3 มีอัตราการเพิ่มมากที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกัน

มาก รองลงมาคือผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วมกลุ่มที่ 6 และวิธีการพยากรณ์ร่วมกลุ่มที่ 4 มีอัตราค่าเพิ่มต่ำที่สุด

5. ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

5.1 การคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม C4 ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธีที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล คือ วิธีการปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) ร่วมกับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้นำหน้าแบบที่ 2

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีการปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) แต่เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม C4 ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธีที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล คือ วิธีการปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) ร่วมกับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้นำหน้าแบบที่ 2

ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม C1 ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธีที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล คือ วิธีการปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) ร่วมกับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้นำหน้าแบบที่ 1

5.2 การคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ข้อมูลจำนวนครุวิทยาสาสตร์ เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อน

น้อยที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม C3 ซึ่งได้จากการนำวิธีการพยากรณ์ทุกวิธีมารวมกัน (SMA, SES, DES, LES, TES และ REG) โดยให้น้ำหนักของแต่ละวิธีในแบบที่ 1 แต่เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ การวิเคราะห์การถดถอย (REG)

ข้อมูลจำนวนครูคณิตศาสตร์ (TEACH2) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าวิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม C6 ซึ่งได้จากการนำวิธีการพยากรณ์ทุกวิธี (SMA, SES, DES, LES, TES และ REG) มารวมกัน โดยให้น้ำหนักของแต่ละวิธีในแบบที่ 2

6. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า

6.1 ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการพยากรณ์ได้ดังนี้

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 10 เดือนล่วงหน้า ในเดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 คือ 4,786, 4,554, 4,868, 5,091, 2,869, 2,811, 2,290, 4,695, 5,321 และ 5,751 เล่ม ตามลำดับ

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 10 เดือนล่วงหน้า ในเดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 คือ 789, 718, 723, 710, 448, 433, 379, 750, 771 และ 821 เล่ม ตามลำดับ

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 10 เดือนล่วงหน้า ในเดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 คือ 722, 674, 680, 669, 408, 395, 339, 726, 751 และ 796 เล่ม ตามลำดับ

ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้

ค่าพยากรณ์ 10 เดือนล่วงหน้า ในเดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนสิงหาคม 2543 คือ 9,740, 8,057, 8,754, 8,833, 8,078, 6,605, 4,254, 7,372, 8,155 และ 9,091 เล่ม ตามลำดับ

6.2 ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการพยากรณ์ได้ดังนี้

ข้อมูลจำนวนครุวิทยศาสตร์ เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 10 ปีล่วงหน้า ในปีการศึกษา 2542 ถึง 2551 คือ 18,189, 18,714, 19,251, 19,801, 20,362, 20,937, 21,523, 22,122, 22,733 และ 23,356 ปี ตามลำดับ

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 10 ปีล่วงหน้า ในปีการศึกษา 2542 ถึง 2551 คือ 19,128, 20,209, 21,369, 22,607, 23,924, 25,318, 26,790, 28,341, 29,969 และ 31,676 ปี ตามลำดับ

ข้อมูลจำนวนครุคณิตศาสตร์ เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 10 ปีล่วงหน้า ในปีการศึกษา 2542 ถึง 2551 คือ 12,637, 13,239, 13,887, 14,581, 15,320, 16,104, 16,934, 17,809, 18,730 และ 19,696 ปี ตามลำดับ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย หนังสือภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ปีการศึกษา 2537 ถึง เดือนตุลาคม ปีการศึกษา 2542 พบว่าวิทยานิพนธ์ มีปริมาณการยืมมากที่สุด เนื่องจากการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษาถือว่าการทำวิทยานิพนธ์เป็นส่วนสำคัญของหลักสูตร เพราะเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการพัฒนาคุณภาพของนิสิต ดังนั้นนิสิตในระดับบัณฑิตศึกษาทุกคนจะต้องเริ่มต้นศึกษาการทำวิทยานิพนธ์และหาหัวข้อวิทยานิพนธ์จากวิทยานิพนธ์ที่ได้ทำมาแล้ว ส่วนหนังสือภาษาไทยมีปริมาณการยืมมากกว่าหนังสือภาษาอังกฤษ ทั้งนี้เพราะจำนวนหนังสือภาษาไทยมีปริมาณมากกว่าหนังสือภาษาอังกฤษ คือ เดือนตุลาคม 2542 มีจำนวนหนังสือภาษาไทย 101,865 เล่ม และมีจำนวนหนังสือภาษาอังกฤษ 49,178 เล่ม (สถิติจำนวนหนังสือ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ คือ จำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัด กรมสามัญศึกษา ที่ปฏิบัติงานในระหว่างปีการศึกษา 2528-2541 พบว่า ตั้งแต่ปีการศึกษา 2535 เป็นต้นมา จำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าว รัฐมีนโยบายขยายการศึกษาขั้นพื้นฐานและเร่งรัดพัฒนาการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของสังคมในยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ และโดยเฉลี่ย มีจำนวนครูวิทยาศาสตร์มากกว่าจำนวนครุคณิตศาสตร์ เนื่องจากการเรียนการสอนวิชา วิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีหลายสาขาวิชา เช่น เคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความต้องการครูวิทยาศาสตร์มากกว่าครุคณิตศาสตร์

ในการพยากรณ์ผู้วิจัยจำเป็นต้องมีการตรวจสอบก่อนว่าลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลเป็นอย่างไร เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจเลือกวิธีการพยากรณ์ว่าจะเลือกใช้วิธีใดบ้างมาพยากรณ์ข้อมูลที่มีอยู่ การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย พบว่าผลที่ได้สอดคล้องกัน ดังนั้นในการตรวจสอบลักษณะของข้อมูลในเบื้องต้นอาจพิจารณาจากกราฟก่อน และเพื่อให้แน่ใจยิ่งขึ้นจึงทำการทดสอบโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย ส่วนวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ผู้วิจัยไม่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ ทั้งนี้เพราะในขั้นตอนของบ็อกซ์-เจนกินส์จะบอกลักษณะของอนุกรมเวลาจากคอเรลโลแกรมอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามถ้าผู้วิจัยมีการตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลก่อนเพื่อดูว่าลักษณะของข้อมูลเป็นเช่นไร ก็จะช่วยประหยัดเวลาในขั้นตอนการวิเคราะห์ของบ็อกซ์-เจนกินส์ได้เป็นอย่างมาก เช่น ปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ ในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการกำหนดรูปแบบ $ARIMA(p,d,q) \times SARIMA(P,D,Q)_L$ เมื่อ $d=0, 1, 2$ และ $D=0, 1, 2$ จะมีรูปแบบอยู่เป็นจำนวนมาก สำหรับที่จะนำไปประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ แต่ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบลักษณะของข้อมูลก่อน พบว่าเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาล ดังนั้นจึงกำหนดรูปแบบ $ARIMA(p,1,q) \times SARIMA(P,1,Q)_{12}$ จากคอเรลโลแกรมที่ได้ทำการหาผลต่าง ($d=1$) และผลต่างฤดูกาล ($D=1$) แล้ว ซึ่งได้มา 2 รูปแบบคือ $ARIMA(0,1,1) \times SARIMA(0,1,1)_{12}$ และ $ARIMA(0,1,1) \times SARIMA(1,1,0)_{12}$ ผู้วิจัยจึงนำทั้ง 2 รูปแบบนี้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ เป็นต้น

การเลือกวิธีการพยากรณ์ในเบื้องต้นอาจเลือกได้หลายวิธี ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลลักษณะเดียวกันมีได้หลายวิธี เช่น ข้อมูลที่มีลักษณะมีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและมีฤดูกาล วิธีที่สามารถใช้พยากรณ์ได้ คือ วิธีการปรับให้เรียบแบบไฮลท์-

วินเทอร์ และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย เป็นต้น แต่ในเบื้องต้นนี้ก็ยังไม่สามารถบอกได้ว่าวิธีใดจะเป็นวิธีที่ดีและเหมาะสมที่สุดจนกว่าจะได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนหรือความถูกต้องของผลการพยากรณ์แล้ว

จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยการให้นำน้ำหนักเฉลี่ยตามแบบของ Newbold และ Granger เป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุดวิธีหนึ่ง จึงถือได้ว่าเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับผู้พยากรณ์ที่ตัดสินใจไม่ได้ว่าจะเลือกวิธีใดมาใช้ในการพยากรณ์งานของตน โดยสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยการนำวิธีที่เหมาะสมสำหรับฤดูกาล คือ วิธีการปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยมารวมกัน จะให้ผลการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องมากที่สุด ถึงแม้ว่าปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ เมื่อใช้ MAPE เป็นเกณฑ์ พบว่าวิธีการปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์จะให้ผลดีกว่าวิธีการพยากรณ์ร่วม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดบางประการของข้อมูลนี้ แต่อย่างไรก็ตามวิธีการพยากรณ์ร่วมก็ยังให้ผลที่ดีเป็นอันดับที่ 2 รองลงมา นอกจากนี้ยังพบว่าสำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลนี้ วิธีการพยากรณ์ร่วมที่ได้จากการนำวิธีการปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยมารวมกัน (C4) ให้ผลดีกว่าวิธีการพยากรณ์ร่วมที่นำวิธีการพยากรณ์ทั้ง 7 วิธีมารวมกัน (C6) ซึ่งวิธีการพยากรณ์ร่วมที่นำวิธีการพยากรณ์ทั้ง 7 วิธีมารวมกัน (C6) ควรจะให้ผลดีกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดของวิธีการพยากรณ์เดี่ยวที่นำมารวมกันใน C6 ว่าวิธีการพยากรณ์บางวิธี เช่น วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของไฮลท์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ เป็นต้น เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีฤดูกาลอยู่แล้ว เมื่อนำวิธีทั้งหมดนี้มารวมกันจึงทำให้มีข้อเสียของแต่ละวิธีเด่นชัดขึ้น จึงเกิดความคลาดเคลื่อนสูงกว่าการรวมกันแค่ 2 วิธี ของวิธีการปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย ใน C4 แต่ผลก็ไม่ได้ด้อยลงไปมากมายนักจะสังเกตเห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่เชื่อถือใกล้เคียงกับวิธีการพยากรณ์ร่วมใน C1 หรือ C4 รวมทั้งวิธีที่เหมาะสมทั้งสองด้วย แสดงว่าการรวมวิธีการพยากรณ์หลาย ๆ วิธีเข้าด้วยกัน ถึงแม้จะไม่ใช้วิธีที่เหมาะสมที่สุดก็ยังให้ผลดี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อดีของวิธีการพยากรณ์เดี่ยวที่เหมาะสมและข้อดีของการพยากรณ์ร่วมรวมกัน จึงทำให้วิธีการพยากรณ์ร่วมนี้มีข้อดีเด่นชัดขึ้นมา

สำหรับข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล พบว่าวิธีการพยากรณ์ร่วมโดยการนำทั้ง 6 วิธี คือ วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ วิธีการปรับให้เรียบ

แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยมารวมกัน จะให้ผลที่ดีกว่าการรวมกันแค่ 2 วิธี ซึ่งถึงแม้ว่าจะเป็นการรวมกันของ 2 วิธีที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลก็ตาม เนื่องจากทั้ง 6 วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้ม โดยถึงแม้ว่าแนวโน้มนั้นจะไม่ใช่นำแนวโน้มควอดราติกตามลักษณะของข้อมูลก็ตาม ดังนั้นในการพยากรณ์ควรจะมีการพิจารณาลักษณะของข้อมูลก่อนแล้วจึงเลือกวิธีการพยากรณ์เดี่ยวหลาย ๆ วิธีอาจเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับลักษณะของข้อมูลนั้นมากและอาจไม่ค่อยเหมาะสมบ้างก็ได้มารวมกัน แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าถ้าจะให้ได้ผลดีที่สุดสำหรับข้อมูลที่มีฤดูกาลก็ควรเลือกเฉพาะวิธีที่มีฤดูกาลมารวมกัน และสำหรับข้อมูลที่ไม่มีฤดูกาลก็ควรเลือกเฉพาะวิธีที่ไม่มีฤดูกาลมารวมกัน

การให้น้ำหนักเฉลี่ยสำหรับแต่ละวิธีที่นำมารวมกัน ตามวิธีของ Newbold และ Granger 2 แบบ พบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วการให้น้ำหนักแบบที่ 2 จะให้ผลที่ดีกว่าแบบที่ 1 แต่ที่ดีกว่ากันไม่มากคืออยู่ในระหว่าง .0009 ถึง 1.5214% ส่วนการคำนวณน้ำหนักในแบบที่ 1 สามารถคำนวณได้ง่ายกว่าแบบที่ 2 จะเห็นได้ว่าการให้น้ำหนักทั้ง 2 แบบ จะมีข้อดีแตกต่างกันไป ดังนั้นในการพยากรณ์รวมจะให้ น้ำหนักแบบใดก็ได้ใน 2 แบบนี้ และทั้ง 2 แบบจะต้องมีการกำหนดค่า α และ β ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนด $\alpha = 1, 2, \dots, n-1$ และ $\beta = .1, .2, \dots, .9$ เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดหรือค่าที่ทำให้ความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุด และพบว่าการกำหนดค่า α ไม่จำเป็นต้องมีค่ามากนัก ซึ่งแสดงว่าการกำหนดน้ำหนักจะให้ความสำคัญแก่ข้อมูลที่ใกล้ปัจจุบันมาก และค่า β สำหรับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลจะมีค่าเป็น .9 ส่วนสำหรับข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลจะมีค่าใกล้ .1

เมื่อพิจารณาสมการการพยากรณ์ที่ได้จากการพยากรณ์รวม พบว่าน้ำหนักที่ได้จากแต่ละวิธีที่นำมารวมกัน จะแปรผันโดยตรงกับความถูกต้องของวิธีการพยากรณ์เดี่ยวแต่ละวิธี เช่น ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย วิธีการพยากรณ์เดี่ยวที่มีความถูกต้องมากที่สุด คือ วิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ รองลงมา คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย ดังนั้น ในสมการการพยากรณ์รวมในกลุ่มที่ 4 ได้น้ำหนักสำหรับวิธีการปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ เท่ากับ .79109 และน้ำหนักสำหรับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย เท่ากับ .20891 เป็นต้น นั่นคือวิธีการให้น้ำหนักเฉลี่ยตามแบบของ Newbold และ Granger เป็นการให้น้ำหนักเฉลี่ยตามความถูกต้องของวิธีการพยากรณ์เดี่ยวที่นำมารวมกันนั่นเอง

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. ควรมีการนำค่าที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์นี้ ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนด้านต่าง ๆ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เช่น หนังสือประเภทใดมีแนวโน้มในการยืมสูง ก็ควรจัดหาเพิ่มเติมให้เพียงพอกับความต้องการของนิสิต

2. ค่าที่ได้จากการพยากรณ์จำนวนครุวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในครั้งนี้เป็นค่าพยากรณ์ในภาพรวมทั้งประเทศ ของกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จึงควรนำค่าพยากรณ์ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนทางการศึกษาของหน่วยงานต่อไป

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยในครั้งนี้เป็นพยากรณ์จำนวนครุในสาขาที่ขาดแคลน คือ ครุวิทยาศาสตร์และครุคณิตศาสตร์ ของกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในภาพรวมทั้งประเทศ จึงควรมีการพยากรณ์จำนวนครุในสาขาวิชาอื่น ๆ และในกรมต่าง ๆ ของกระทรวงศึกษาธิการด้วย เนื่องจากในอนาคตรัฐมีนโยบายที่จะรวมกรมต่าง ๆ ของกระทรวงศึกษาธิการเข้าไว้ด้วยกัน

2. การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่นำมาใช้ในครั้งนี้อาจจะไม่สอดคล้องกับข้อมูลนัก เช่น ข้อมูลที่มีแนวโน้มและฤดูกาล ไม่ควรพิจารณาวิธีการเคลื่อนที่แบบง่าย การปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ เป็นต้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป จึงควรเลือกแต่เฉพาะวิธีที่สอดคล้องกับข้อมูลมารวมกัน

3. ควรได้มีการศึกษาว่าขนาดของข้อมูลอนุกรมเวลาเท่าไร จึงจะเหมาะสมกับวิธีการพยากรณ์ร่วม

4. ควรมีการเขียนโปรแกรม software สำหรับวิธีนี้ให้ผู้อื่นใช้ เพราะจากผลการวิจัยพบว่าวิธีการพยากรณ์ร่วมนี้เป็นวิธีที่ดี

5. การพยากรณ์ร่วมในครั้งนี้อาจไม่ได้นำวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์มารวมด้วย ดังนั้นการวิจัยในครั้งต่อไปอาจนำวิธี บ็อกซ์-เจนกินส์มารวมในการพยากรณ์ร่วมด้วย