บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 2 ประการ คือ ประการแรก เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างวิธีพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์ (Bayesian method) วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ (Box-Jenkins: B-J) และวิธีการพยากรณ์ร่วม (combined forecasting) ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงและไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ และประการที่สอง เพื่อพยากรณ์การยืมสิ่งพิมพ์ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นการพยากรณ์ระยะปานกลาง 12 เดือนล่วงหน้า และพยากรณ์จำนวนนักเรียนในระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเป็นการพยากรณ์ระยะยาว 5 ปีล่วงหน้า

จากฐานข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ 2 ฐาน ฐานแรก คือ ปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์ ซึ่งแยกเป็นหนังสือภาษาไทย หนังสือภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่เดือนมิถุนายนปีการศึกษา 2537 ถึงเดือนกันยายนการศึกษา 2544 รวมเป็นอนุกรมเวลา 88 เดือน และข้อมูลฐานที่สอง คือ จำนวนนักเรียนในระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา ระหว่าง ปี 2480-2543 รวมเป็นอนุกรมเวลา 64 ปี

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบบันทึกข้อมูลที่ทัศนีย์ อินทนู (2543) และบำเพ็ญ ปิดชิด (2540) สร้างขึ้น และผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 8 ตอน คือ ตอนแรก ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ตอนที่สอง ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ตอนที่สาม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์ ตอนที่สี่ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ ตอนที่ห้า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม ตอนที่หก ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ ตอนที่เจ็ด ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า และตอนที่แปด ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์เพื่อตอบสมมติฐาน

สรุปผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของอนุกรมเวลา ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่าปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) มีการกระจายสูงสุด และปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีการกระจายต่ำสุด และสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล จำนวนนักเรียนประถมศึกษา (STUDENT1) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่า จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีการกระจายสูงกว่าจำนวน

นักเรียนประถมศึกษา (STUDENT1) เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 5 ชุด พบว่า ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มีลักษณะเบ้ซ้าย ส่วนหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีลักษณะเบ้ขวา นอกจากนี้อนุกรมเวลาทั้ง 5 ชุด มีลักษณะความโด่งสูงกว่าโค้งปกติ ยกเว้นปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ที่มีค่าเข้าใกล้ 0

2. ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) และข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลแบบบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่รูปแบบบวกสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) และข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ได้ร้อยละ 67.5 และ 71.3 ตามลำดับ ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นโค้งและฤดูกาลแบบบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่รูปแบบบวกสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ได้ร้อยละ 65.2

ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นโค้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยแนวโน้มแบบเส้นโค้งสามารถแสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ได้ร้อยละ 87.9 และข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสามารถแสดงลักษณะการเคลื่อนไหวของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ได้ร้อยละ 97.2

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์

3.1 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) มีสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_{24+\tau} = M(24+\tau) = 35.926 + 0.552(24+\tau) + 8.509\sin\left[\frac{2\pi(24+\tau)}{12}\right] + 14.899\cos\left[\frac{2\pi(24+\tau)}{12}\right]$$

เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, \ldots, 12$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 66.89, 65.16, 59.45, 51.43, 43.40, 37.66, 35.88, 38.70, 45.51, 54.62, 63.76 และ 70.62 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

3.2 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_{24+\tau} = M(24+\tau) = 5.364 + 0.134(24+\tau) + 1.019\sin\left[\frac{2\pi(24+\tau)}{12}\right] + 2.0563\cos\left[\frac{2\pi(24+\tau)}{12}\right]$$

เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, ..., 12$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 11.00, 10.77, 10.02, 8.99, 7.99, 7.31, 7.23, 7.73, 8.75, 10.04, 11.31 และ 12.23 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

3.3 ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_{24+\tau} = M(24+\tau) = 60.676 - 0.079(24+\tau) + 8.688\sin\left[\frac{2\pi(24+\tau)}{12}\right] + 10.605\cos\left[\frac{2\pi(24+\tau)}{12}\right]$$

เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, ..., 12$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 72.21, 71.48, 67.31, 60.79, 53.64, 47.77, 44.72, 45.28, 49.29, 55.65, 62.63 และ 68.35 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

3.4 ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_{20+\tau} = M(20+\tau) = 67.559 - 0.459(20+\tau) - 0.004(20+\tau)^2$ เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, 4, 5$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ในปี 2544 ถึงปี 2548 ได้ ดังนี้ 57.83244, 57.36065, 56.88024, 56.39121 และ 55.89356 แสนคน ตามลำดับ

3.5 ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีสมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}'_{20+\tau} = M'(20+\tau) = 2.894 + 0.037(20+\tau)$ เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, 4, 5$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ในปี 2544 ถึงปี 2548 ได้ดังนี้ 39.46022, 40.95626, 42.50902, 44.12065 และ 45.79338 แสนคน ตามลำดับ

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์

4.1 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) พบว่าโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) มากที่สุด คือ ARIMA(1,1,1)×SARI(1,1)$_{12}$ และเขียนสมการพยากรณ์ได้ $\hat{y}_t = 1.4252y_{t-1} - .4252y_{t-2} + 5201y_{t-12} + .1494y_{t-13} - .6293y_{t-14} + .4799y_{t-24} + .2751y_{t-25} - .2041y_{t-26} + e_t - .8851e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 89$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 7.32, 62.02, 50.09, 63.78, 51.95, 14.72, 8.01, 5.65, 57.50, 64.28, 66.84 และ 61.53 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

4.2 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) พบว่าโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มากที่สุด คือ IMA(1,1)×SI(1)$_{12}$ และเขียนสมการพยากรณ์ได้ $\hat{y}_t = y_{t-1} + y_{t-12} - y_{t-13} + e_t - .7850e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 89$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 3.44, 12.17 10.34, 11.77, 8.07, 4.64, 4.12, 3.71, 10.40, 11.98, 13.60 และ 8.28 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

4.3 ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) พบว่าโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มากที่สุด คือ IMA(1,1)×SARI(2,1)$_{12}$ และเขียนสมการพยากรณ์ได้ $\hat{y}_t = y_{t-1} + .1343y_{t-12} - .1343y_{t-13} + 1.2526y_{t-24} - 1.2526y_{t-25} - .3869y_{t-26} + .3869y_{t-27} + e_t - .5689e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 89$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 45.62, 86.77, 72.97, 80.53, 72.32, 62.95, 31.64, 23.59, 61.54, 74.17, 74.56 และ 75.30 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

4.4 ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) พบว่าโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มากที่สุด คือ IMA(2,1) และเขียนสมการพยากรณ์ได้ $\hat{y}_t = 2y_{t-1} - y_{t-2} + e_t - .6460e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 65$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ในปี 2544 ถึงปี 2548 ได้ดังนี้ 60.09876, 60.07705, 60.05534, 60.03363 และ 60.01191 แสนคน ตามลำดับ

4.5 ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) พบว่าโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มากที่สุด คือ ARIMA(1,2,1) และเขียนสมการพยากรณ์ได้ $\hat{y}_t = 2.2888y_{t-1} + .4224y_{t-2} + .2888y_{t-3} + e_t - .9599e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 65$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ในปี 2544 ถึงปี 2548 ได้ดังนี้ 34.82030, 35.45877, 36.12618, 36.80195 และ 37.48013 แสนคน ตามลำดับ

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีพยากรณ์ร่วม

5.1 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG)

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 คือ $\hat{y}_t = .742793\,\hat{y}_{t\,(HWS)} + .257207\,\hat{y}_{t\,(REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 16.98, 60.80, 51.68, 59.11, 57.82, 19.39, 15.65, 9.38, 58.38, 61.55, 67.45 และ 67.93 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 คือ $\hat{y}_t = .766469\,\hat{y}_{t\,(HWS)} + .233531\,\hat{y}_{t\,(REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 16.82, 61.01, 51.79, 59.28, 58.01, 19.21, 15.38, 9.03, 58.54, 61.65, 67.61 และ 68.14 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

5.2 ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG)

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 คือ $\hat{y}_t = .722456\ \hat{y}_{t\ (HWS)} + .277544\ \hat{y}_{t\ (REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 5.29, 9.52, 9.27, 9.05, 8.63, 5.06, 4.21, 2.94, 8.86, 10.62, 11.11 และ 9.40 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 คือ $\hat{y}_t = .740963\ \hat{y}_{t\ (HWS)} + .259037\ \hat{y}_{t\ (REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 5.26, 9.63, 9.26, 9.07, 8.63, 4.99, 4.19, 2.89, 8.97, 10.65, 11.13 และ 9.41 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

5.3 ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG)

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 คือ $\hat{y}_t = .277453\ \hat{y}_{t\ (HWS)} + .722547\ \hat{y}_{t\ (REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 36.04, 75.75, 59.50, 66.06, 63.51, 57.25, 41.70, 27.96, 55.77, 62.72, 69.88 และ 65.88 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 คือ $\hat{y}_t = .316268\ \hat{y}_{t\ (HWS)} + .638732\ \hat{y}_{t\ (REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 ได้ดังนี้ 36.06, 75.30, 59.24, 65.73, 63.14, 56.89, 41.37, 27.44, 55.36, 62.16, 69.15 และ 65.20 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

5.4 ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG)

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 คือ $\hat{y}_t = .920534\ \hat{y}_{t\ (TES)} + .079466\ \hat{y}_{t\ (REG)}$ สำหรับ $t \geq 65$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ในปี 2544 ถึงปี 2548 ได้ดังนี้ 61.05206, 61.84241, 62.86945, 64.13318 และ 65.63359 แสนคน ตามลำดับ

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 คือ $\hat{y}_t = .90474\ \hat{y}_{t\ (TES)} + .09526\ \hat{y}_{t\ (REG)}$ สำหรับ $t \geq 65$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ในปี 2544 ถึงปี 2548 ได้ดังนี้ 61.14201, 61.91358, 62.9[illegible]9, 64.15254 และ 65.61993 แสนคน ตามลำดับ

5.5 ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (ESE) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG)

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 คือ $\hat{y}_t = .914608\ \hat{y}_{t\ (ESE)} + .085392\ \hat{y}_{t\ (REG)}$ สำหรับ $t \geq 65$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ในปี 2544 ถึงปี 2548 ได้ดังนี้ 36.06880, 36.16567, 36.30807, 36.49942 และ 36.74344 แสนคน ตามลำดับ

สมการพยากรณ์โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 คือ $\hat{y}_t = .893464\ \hat{y}_{t\ (ESE)} + .106536\ \hat{y}_{t\ (REG)}$ สำหรับ $t \geq 65$ สมการนี้สามารถพยากรณ์ข้อมูลข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ในปี 2544 ถึงปี 2548 ได้ดังนี้ 36.75105, 36.97504, 37.25454, 37.59385 และ 37.99761 แสนคน ตามลำดับ

6. ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

6.1 การคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB1/2T)

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB2/2T)

ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB1)

6.2 การคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (B-J)

ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (BAYES)

6.3 สรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์สำหรับข้อมูลขนาดเล็กและสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม

และในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก คือ วิธีพยากรณ์ร่วม และวิธีของเบย์ และสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ คือ วิธีของเบย์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์

7. ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า

7.1 ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการพยากรณ์ได้ดังนี้

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 คือ 11.73, 63.47, 50.21, 63.28, 51.52, 13.96, 7.20, 4.80, 56.76, 63.45, 65.93 และ 60.86 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 คือ 3.94, 13.49, 9.45, 10.37, 8.39, 4.87, 4.51, 3.70, 11.31, 11.84, 12.51 และ 9.36 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ในเดือนตุลาคม 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 คือ 36.04, 75.75, 59.50, 66.06, 63.51, 57.25, 41.70, 27.96, 55.77, 62.72, 69.88 และ 65.88 ร้อยเล่ม ตามลำดับ

7.2 ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ข้อมูลจำนวนนักเรียนประถมศึกษา (STUDENT1) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 5 ปีล่วงหน้า ในปี 2544 ถึง 2548 คือ 60.09876, 60.07705, 60.05534, 60.03363 และ 60.01191 แสนคน ตามลำดับ

ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ได้ค่าพยากรณ์ 5 ปีล่วงหน้า ในปี 2544 ถึง 2548 คือ 39.46022, 40.95626, 42.50902, 44.12065 และ 45.79338 แสนคน ตามลำดับ

8. ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์เพื่อตอบสมมติฐาน

8.1 ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก พบว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ วิธีการพยากรณ์ร่วม (combined forecasting) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุดหรือมีความถูกต้องในการพยากรณ์มากที่สุด รองลงมาคือ วิธีของเบย์ (Bayesian method) และวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ (Box-Jenkins: B-J) ตามลำดับ

8.2 ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก พบว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ วิธีของเบย์ (Bayesian method) และวิธีการพยากรณ์ร่วม (combined forecasting) เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำใกล้เคียงกัน ส่วนวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ (Box-Jenkins: B-J) มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์สูงกว่าทั้งสองวิธีข้างต้น

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ หนังสือภาษาไทย หนังสือภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ปีการศึกษา 2537 ถึงเดือนกันยายน ปีการศึกษา 2544 พบว่า โดยเฉลี่ยแล้ววิทยานิพนธ์มีปริมาณการยืมมากที่สุด แต่จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่า วิทยานิพนธ์มีการกระจายต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากวิทยานิพนธ์ถูกยืมโดยนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาเป็นส่วนใหญ่ เพื่อศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์ ส่วนหนังสือภาษาไทยมีปริมาณการยืมมากกว่าหนังสือภาษาอังกฤษ เพราะส่วนใหญ่แล้วนิสิตจะอ่านหนังสือภาษาไทยมากกว่าหนังสือภาษาอังกฤษ

ส่วนข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่า จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษามีมากกว่าจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ทั้งนี้เพราะการจัดการศึกษาระดับประถมศึกษาเป็นการศึกษาภาคบังคับที่รัฐจัดให้เด็กในวัยเรียนทุกคนจะต้องได้รับการศึกษาแบบให้เปล่า และถ้าฝ่าฝืนจะมีความผิดตามกฎหมาย ส่วนการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาไม่มีการบังคับ และผู้เข้าเรียนจะต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายด้วยตนเอง ในชนบทคนส่วนใหญ่มีฐานะยากจนจะไม่สนับสนุนให้บุตรหลานศึกษาต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษา จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจึงมีจำนวนน้อยกว่านักเรียนระดับประถมศึกษา

การตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลก่อนทำการพยากรณ์ มีความจำเป็นมาก เพราะจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกวิธีการพยากรณ์ เพราะในงานวิจัยผู้วิจัยจะต้องเลือกวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลมาใช้ในวิธีการพยากรณ์ร่วม อีกทั้งต้องกำหนดโมเดลเชิงเส้นให้กับ

วิธีของเบย์ก่อนทำการวิเคราะห์ ซึ่งการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย พบว่าผลที่ได้สอดคล้องกัน ดังนั้นในการตรวจสอบลักษณะของข้อมูลในเบื้องต้นอาจพิจารณาจากกราฟก่อน และเพื่อให้แน่ใจยิ่งขึ้นจึงทำการทดสอบโดยการวิเคราะห์การถดถอย ส่วนวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ไม่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนการวิเคราะห์ ทั้งนี้ขั้นตอนวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์จะบอกลักษณะของอนุกรมเวลาจากคลอเรลโลแกรมอยู่แล้ว อย่างไรก็ตามหากผู้วิจัยมีการตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนเพื่อดูว่าลักษณะของข้อมูลเป็นอย่างไร ก็จะช่วยประหยัดเวลาในขั้นตอนของวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ได้เป็นอย่างมาก เช่น ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย ในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q)× SARIMA$(P,D,Q)_L$ เมื่อ d = 0, 1, 2 และ D = 0, 1, 2 จะมีโมเดลอยู่จำนวนมากสำหรับที่จะนำไปประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล แต่ผู้วิจัยทำการตรวจสอบลักษณะของข้อมูลก่อนพบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาล ดังนั้นจึงกำหนดโมเดล ARIMA(p,1,q)×SARIMA $(P,1,Q)_{12}$ จากคลอเรลโลแกรมที่ได้ทำการหาผลต่าง (d = 1) และผลต่างฤดูกาล (D = 1) แล้วได้มา 4 โมเดล คือ ARIMA(1,1,0)×SARIMA$(1,1,0)_{12}$, ARIMA(1,1,0)×SARIMA$(0,1,1)_{12}$, ARIMA(0,1,1)×SARIMA $(1,1,0)_{12}$ และ ARIMA(0,1,1)×SARIMA$(0,1,1)_{12}$ ผู้วิจัยจึงนำทั้ง 4 โมเดลนี้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล เป็นต้น

จากการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์ ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยต้องกำหนดโมเดลเชิงเส้นที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนทำการกำหนดค่าเริ่มต้น จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลา ที่นำเสนอไว้ในตอนที่ 2 ของบทที่ 4 พบว่า ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ และข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาลแบบบวกทั้งสามชุด จากข้อจำกัดในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ตัวแปรตรีโกณมิติในการวัดอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาช่วยในการกำหนดโมเดลแนวโน้มและฤดูกาลในเทอมของตัวแปรเวลาและตัวแปรตรีโกณมิติ คือ $y_t = b_1 + b_2\, t + b_3 \sin\frac{2\pi t}{L} + b_4 \cos\frac{2\pi t}{L} + \varepsilon_t$ เนื่องจากข้อมูลทั้งสามชุดเป็นข้อมูลรายเดือนจึงกำหนดให้ L=12 ดังนั้นโมเดลที่กำหนดให้ในการพยากรณ์สำหรับข้อมูลทั้งสามชุด คือ $y_t = b_1 + b_2\, t + b_3 \sin\frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos\frac{2\pi t}{12} + \varepsilon_t$ ซึ่งพบว่า ค่าพยากรณ์ที่ได้จากการกำหนดโมเดลดังกล่าวสำหรับข้อมูลทั้งสามชุดมีลักษณะการเคลื่อนไหวไม่ใกล้เคียงกับค่าจริงเท่าใดนัก ดังภาพ 24ก 26ก และ 28ก ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากโมเดลที่กำหนดให้อนุกรมเวลาทั้งสามชุดยังไม่เหมาะสม ซึ่งยังมีอีกโมเดลหนึ่งที่ผู้วิจัยไม่ได้เลือก คือ

$y_t = b_1 + b_2\, t + b_3 \sin\frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos\frac{2\pi t}{12} + b_5 \sin\frac{4\pi t}{12} + b_6 \cos\frac{4\pi t}{12} + \varepsilon_t$ ถ้าเลือกใช้โมเดลที่สองนี้ค่าพยากรณ์ที่ได้อาจจะใกล้เคียงกับค่าจริงมากกว่า แต่เนื่องจากโมเดลนี้มีความสลับซับซ้อนมากและมีความยุ่งยากมากในการคำนวณ ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายในการคำนวณ ผู้วิจัยจึงได้เลือกกำหนดจากโมเดลแรกที่กล่าวมาข้างต้น

สำหรับการกำหนดค่าเริ่มต้นก่อนทำการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์นั้น โดยหลักการแล้วผู้วิจัยสามารถกำหนดค่าเริ่มต้นได้ด้วยตนเองโดยใช้ความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของผู้วิจัย แต่เนื่องจากผู้วิจัยมีประสบการณ์ในการพยากรณ์ค่อนข้างน้อย เพื่อให้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะทำการวิเคราะห์ทั้งหมดไปวิเคราะห์การถดถอย เพื่อกำหนดค่าเริ่มต้นแทน แต่ถ้าหากผู้ที่มีความสนใจวิธีพยากรณ์นี้ และมีความรู้และประสบการณ์เพียงพอ มีความมั่นใจในค่าที่กำหนดขึ้น ก็สามารถกำหนดขึ้นได้โดยไม่ต้องใช้การวิเคราะห์อย่างอื่นช่วย

จากการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีและไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ผู้วิจัยได้กำหนดโมเดลที่เหมาะสมให้อนุกรมเวลาทั้งห้าชุด ด้วยการพิจารณาจากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ทำการหาค่าผลต่าง และผลต่างฤดูกาล แล้วพิจารณาจากคอเรลโลแกรมของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วน หลังจากทำการประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลที่กำหนดให้แล้วว่ามีความเหมาะสม ผู้วิจัยได้กำหนดลำดับสำหรับโมเดล ARIMA(p,d,q)×SARIMA(P,D,Q)$_L$ หรือ ARIMA(p,d,q) ให้กับโมเดลนั้นเพิ่มขึ้น และทำการประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ได้โมเดลที่ s_e^2 มีค่าต่ำที่สุด ตัวอย่างเช่น ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ ในขั้นแรกผู้วิจัยได้กำหนดโมเดลที่เหมาะสมให้ 4 โมเดล คือ AR(1)×SAR(1)$_{12}$, AR(1)×SMA(1)$_{12}$, MA(1)×SAR(1)$_{12}$ และ MA(1)×SMA(1)$_{12}$ เมื่อทำการประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล พบว่า โมเดล MA(1)×SAR(1)$_{12}$ มีค่า s_e^2 ต่ำที่สุด ขั้นต่อไปผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มลำดับให้กับโมเดล MA(1)×SAR(1)$_{12}$ เช่น MA(2)×SAR(1)$_{12}$ หรือ MA(1)×SAR(2)$_{12}$ หรือ MA(2)×SAR(2)$_{12}$ แล้วทำการประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล พบว่า MA(1)×SAR(2)$_{12}$ มีค่า s_e^2 ต่ำกว่าโมเดล MA(1)×SAR(1)$_{12}$ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำโมเดล MA(1)×SAR(2)$_{12}$ ไปทำการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ต่อไป เป็นต้น จากขั้นตอนดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยได้โมเดลที่ดีที่สุดที่มี s_e^2 ต่ำที่สุดสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบควบคู่ไปกับค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ทั้งนี้เพราะการพิจารณาเปรียบเทียบวิธีพยากรณ์จากทั้งสองค่าที่กล่าวมาบางครั้งเกิดข้อขัดแย้ง ผู้วิจัยจึงใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) มาเป็นตัวช่วยในการพิจารณาอีกค่าหนึ่ง และจากการพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ของแต่ละวิธีการพยากรณ์ พบว่า มีความสอดคล้องกับค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เช่น ค่าพยากรณ์จากวิธีของเบย์ โดยพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) จากตาราง 38-42 ของข้อมูลแต่ละชุด พบว่า ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย และข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ มีค่า ME เป็นลบ แสดงว่าโดยเฉลี่ยค่าจริงมีค่าต่ำกว่าค่าพยากรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับกราฟในภาพ 24ก และ ภาพ 26ก ตามลำดับ เป็นต้น ฉะนั้นในการนำเสนอการเปรียบเทียบค่าจริงกับค่า

พยากรณ์ด้วยการพล็อตกราฟ ควรจะนำเสนอค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) ควบคู่ไปด้วยเพราะเป็นค่าที่จะช่วยทำดูกราฟได้ชัดเจนขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE), ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE), ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) และจากการพล็อตกราฟ พบว่า วิธีพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม โดยการให้น้ำหนักตามแบบของ Newbold และ Granger ทั้งสองแบบ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของทัศนีย์ อินทนู (2543) และจากการศึกษาในครั้งนี้ยังได้ข้อค้นพบว่า วิธีพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลขนาดเล็กมีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ ในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทยและข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ ส่วนวิธีการพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าวิธีพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก ในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของข้อมูล เพราะจากการตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาลในตอนที่ 2 ของบทที่ 4 พบว่า ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทยและข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ มีแนวโน้มแบบเส้นตรงและฤดูกาลแบบบวก ส่วนข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ มีแนวโน้มแบบเส้นโค้งและฤดูกาลแบบบวก และจากการสรุปเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ โดยแยกเป็น 2 กรณี คือ กรณี ข้อมูลขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ยังได้ข้อค้นพบอีกว่า วิธีการพยากรณ์ร่วม เป็นวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดหรือมีความถูกต้องในการพยากรณ์มากที่สุดสำหรับข้อมูลทั้งสองกรณี

เมื่อพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE), ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE), ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) และจากการพล็อตกราฟ พบว่า วิธีพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุดสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ ในการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา และวิธีของเบย์ ในการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ทั้งนี้ข้อมูลทั้งสองชุดมีลักษณะแนวโน้มที่แตกต่างกัน โดยที่ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษามีแนวโน้มแบบเส้นโค้ง ส่วนข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษามีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล แต่วิธีพยากรณ์ร่วมก็ไม่ได้มีค่าความคลาดเคลื่อนแตกต่างจากทั้งสองวิธีที่กล่าวมามากนัก

ในการเลือกวิธีพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลานั้นจะต้องพิจารณาจากหลายปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลาในการพยากรณ์ ลักษณะของข้อมูล ความแม่นยำหรือความถูกต้อง ค่าใช้จ่ายและการนำไปใช้ ถึงแม้ว่าวิธีการพยากรณ์ร่วมจะเป็นวิธีที่มีความแม่นยำหรือความถูกต้องมากกว่า แต่ก็เป็นวิธีที่มีความยุ่งยาก เพราะต้องนำค่าพยากรณ์จากวิธีพยากรณ์หลายวิธีมารวมกันโดยการให้ค่าน้ำหนักในแต่ละวิธี และในการให้น้ำหนักที่เหมาะสมในแต่ละวิธีต้องคำนวณหลายครั้งเพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์เป็นวิธีที่นิยมใช้ แต่ต้องใช้ข้อมูลอย่างน้อย 30 ค่าขึ้นไปจึงจะให้ค่าพยากรณ์ที่ถูกต้อง ทั้งนี้จากการเปรียบเทียบวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์กับวิธีของเบย์ที่ใช้ข้อมูลขนาดเท่ากัน พบว่า วิธีของเบย์มีความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ de Alba และ Mendoza (2001) ดังนั้นถ้าผู้พยากรณ์ต้องการความแม่นยำ

หรือความถูกต้องในระดับที่เชื่อถือได้ และมีข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มาก ผู้พยากรณ์สามารถเลือกใช้วิธีของเบย์แทนวิธีการพยากรณ์ร่วม และวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ได้

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกเฉพาะวิธีที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลมารวมในวิธีการพยากรณ์ร่วม เพราะจากการศึกษาของทัศนีย์ อินทนู (2543) พบว่า การเลือกวิธีที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์สูง และกำหนดขอบเขตในการเลือกไว้ 3 กรณีตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลา คือ กรณีแรก เมื่อข้อมูลไม่มีอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลจะเลือกวิธีพยากรณ์เดี่ยวจากวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (simple moving average: SMA) และวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (single exponential smoothing: SES) กรณีที่สอง เมื่อข้อมูลมีอิทธิพลของแนวโน้มเพียงอย่างเดียวจะเลือกวิธีพยากรณ์เดี่ยวจากวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (Brown's double exponential smoothing: DES) วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ (Holt's linear exponential smoothing: LES) วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (Brown's triple exponential smoothing: TES) วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential smoothing for exponential trend: ESE) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) และกรณีที่สาม เมื่อข้อมูลมีอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลจะเลือกวิธีพยากรณ์เดี่ยวจากวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters smoothing: HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) ซึ่งรวมทั้งหมด 8 วิธี ที่กำหนดไว้แค่นี้ ทั้งนี้เพราะผู้วิจัยเลือกใช้เฉพาะวิธีที่นิยมใช้ และสามารถคำนวณได้ง่ายโดยใช้โปรแกรม SPSS และโปรแกรม SAS

จากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก พบว่า มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) สูงมากสำหรับสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ทั้งนี้เนื่องมาจากการใช้ข้อมูลเพียง 24 ค่าในการพยากรณ์ ซึ่งโดยหลักการจะต้องใช้ข้อมูลอย่างน้อย 30 ค่าในการพยากรณ์จึงจะได้ค่าพยากรณ์ที่ถูกต้องแม่นยำ และในการกำหนดโมเดลสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลไม่สามารถที่จะกำหนดโมเดล SARIMA$(P,D,Q)_L$ ให้กับอนุกรมเวลาได้ เพราะข้อมูลมีจำนวนน้อยเกินไป จึงกำหนดได้เพียงโมเดล ARIMA(p,d,q) จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ได้มาก

จากสมมติฐานการวิจัยที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ 2 ประการ คือ ประการแรก ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก วิธีการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุดหรือมีความถูกต้องในการพยากรณ์มากที่สุด คือ วิธีของเบย์ รองลงมาคือ วิธีการพยากรณ์ร่วม และวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้วิธีของเบย์ไม่ใช่วิธีที่มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุด แต่เป็นวิธีการพยากรณ์ร่วม รองลงมาคือ วิธีของเบย์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการศึกษาของ de Alba และ Mendoza (2001) ทำการเปรียบเทียบแค่สองวิธี คือ วิธีของเบย์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ในกรณีที่ข้อมูลมีขนาดเล็ก วิธีของเบย์

มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยกว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ ส่วนวิธีการพยากรณ์ร่วมยังเป็นวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของทัศนีย์ อินทนู (2543) ที่พบว่า วิธีการพยากรณ์ร่วมจะให้ค่าพยากรณ์ที่ถูกต้องกว่าวิธีพยากรณ์เดี่ยว ส่วนในกรณีที่ข้อมูลมีขนาดใหญ่ พบว่า วิธีการพยากรณ์ร่วม ยังเป็นวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาคือ วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ และวิธีของเบย์ ตามลำดับ สาเหตุที่วิธีของเบย์มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์สูงกว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ เนื่องมาจากวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์เป็นวิธีพยากรณ์เดี่ยวที่ให้ผลการพยากรณ์ได้ถูกต้องแม่นยำกว่าวิธีอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่ใช้เทคนิคการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาในประเทศไทย ที่พบว่า วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ให้ค่าพยากรณ์ที่มีค่าความถูกต้องค่อนข้างสูงกว่าวิธีอื่นในการพยากรณ์ระยะสั้น (บุษบา พิกุลผล; 2522, เกศิณี กมลรัตน์; 2530, ธิดารัตน์ จันทวี; 2539, บำเพ็ญ ปิดชิด; 2540, เอกภพ ยานะวิมุติ; 2543 และอรุณี หงษ์ศิริวัฒน์; 2543)

และสำหรับสมมติฐานประการที่สอง คือ ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก วิธีการพยากรณ์ทั้งสามวิธีมีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์หรือมีความถูกต้องในการพยากรณ์ไม่แตกต่างกัน จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ในกรณีที่ข้อมูลมีขนาดเล็ก วิธีของเบย์และวิธีการพยากรณ์ร่วม มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำใกล้เคียงกัน ส่วนวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์สูงกว่าทั้งสองวิธีที่กล่าวมาแต่ไม่มากนัก ส่วนในกรณีที่ข้อมูลมีขนาดใหญ่ พบว่า วิธีของเบย์และวิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์ มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำใกล้เคียงกัน ส่วนวิธีการพยากรณ์ร่วม มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์สูงกว่าทั้งสองวิธีที่กล่าวมา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากวิธีพยากรณ์ร่วมที่ใช้ในงานวิจัยนี้เลือกเฉพาะวิธีพยากรณ์ที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล ซึ่งมีแค่เพียง 2 วิธีเท่านั้น จากงานวิจัยของทัศนีย์ อินทนู (2543) ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้พบว่าวิธีการพยากรณ์ร่วมมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีพยากรณ์เดี่ยว แต่วิธีการพยากรณ์ร่วมในงานวิจัยดังกล่าวได้จากการรวมวิธีพยากรณ์จากวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (simple moving average: SMA), วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว (single exponential smoothing: SES), วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของบราวน์ (Brown's double exponential smoothing: DES), วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 2 ครั้งตามแบบของโฮลท์ (Holt's linear exponential smoothing: LES), วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (Brown's triple exponential smoothing: TES) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG)

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อเสนอการประยุกต์ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีขนาดเล็กด้วยวิธีของเบย์ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อันได้แก่ ปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ควรได้มีการนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการพยากรณ์ด้านอื่น ๆ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพของนักเรียน ข้อมูลการมาเรียน และข้อมูลการขาดเรียนของนักเรียน เป็นต้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีการเก็บรวบรวมต่อเนื่องเป็นประจำอยู่แล้ว และ

ไม่จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลนานก็สามารถทำการพยากรณ์ได้ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนของหน่วยงานต่อไป และควรจะมีการเก็บข้อมูลที่มีลักษณะเป็นฐานข้อมูลซึ่งจะทำให้เกิดประโยชน์ในระยะยาว

การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อันได้แก่ จำนวนนักเรียนประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา ควรได้มีการนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการพยากรณ์บุคลากรทางการศึกษาด้านอื่น ๆ บ้าง เช่น ข้อมูลเด็กยากจน อัตราการกู้ยืมเงินเพื่อการศึกษาของนักเรียน และข้อมูลจำนวนครูสาขาต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวปัจจุบันมีการเก็บสถิติข้อมูลไว้น้อยมาก สามารถที่จะใช้วิธีพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์ได้ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลจำนวนนักเรียนในภาพรวมทั้งประเทศ ควรจะมีการใช้เทคนิคนี้พยากรณ์ในระดับภูมิภาคหรือระดับจังหวัด เพราะแต่ละภูมิภาคในประเทศไทยมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดในการจัดสรรทรัพยากรทางการศึกษา

2. หน่วยงานใดที่สนใจจะนำวิธีการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาไปใช้เพื่อการตัดสินใจและการวางแผนงานโดยมีจำนวนข้อมูลที่เก็บไว้ไม่มาก และต้องการค่าพยากรณ์ที่พอเชื่อถือได้ สามารถจะนำเอาวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์ไปใช้พยากรณ์ได้ ซึ่งการคำนวณด้วยวิธีของเบย์ไม่ซับซ้อนมาก สะดวกต่อการนำไปใช้ แต่ถ้าหน่วยงานใดต้องการค่าพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูงกว่าวิธีของเบย์ วิธีที่น่าสนใจ คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม แต่วิธีดังกล่าวค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนและเสียเวลามากในการหาค่าพยากรณ์ และจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า การให้น้ำหนักทั้ง 2 แบบของ Newbold และ Granger ให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่ควรจะให้น้ำหนักแบบที่ 1 เพราะคำนวณได้ง่ายกว่าให้น้ำหนักแบบที่ 2 และถ้าหน่วยงานใดมีข้อมูลอนุกรมเวลามากเพียงพอ (มากกว่า 30 ค่า) วิธีที่ให้ค่าพยากรณ์ที่ถูกต้องมากที่สุด คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกิ้นส์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า วิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเส้นตรงและมีอิทธิพลของฤดูกาล คือ วิธีการพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก ควรได้ทำการศึกษาต่อว่าวิธีการพยากรณ์ร่วมสำหรับข้อมูลลักษณะใดและขนาดเท่าใดที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และเพื่อการสรุปผลการวิจัยที่น่าเชื่อถือยิ่งขึ้นควรศึกษาโดยใช้วิธี simulation หรือใช้ข้อมูลที่มีลักษณะข้อมูลคล้ายคลึงกันหลาย ๆ ชุด

2. ควรได้ทำการศึกษาต่อว่าการกำหนดค่าเริ่มต้นในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์ควรจะกำหนดด้วยวิธีใดจึงจะเหมาะสม

3. ควรได้ทำการศึกษางานวิจัยนี้ซ้ำอีกครั้งโดยใช้วิธี simulation หรือใช้ข้อมูลที่มีลักษณะข้อมูลคล้ายคลึงกันหลาย ๆ ชุด เพื่อตรวจสอบผลการวิจัย