

**สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 2 ประการ ประการแรก เพื่อประยุกต์ใช้วิธีของบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยพยากรณ์ 5 ช่วงเวลาดำรงหน้า และประการที่สองเพื่อตรวจสอบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์กับวิธีการพยากรณ์ 3 แบบ คือวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่เลื่อนที่ และวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบจากการวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ ได้แก่ RMSE, MAPE, GMRAE, MdAPE, MdRAE และ Percent Better ฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มี 2 ฐาน คือ ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ปริมาณการขึ้นตั้งพิมพ์แยกเป็น 3 ประเภท คือ หนังสือทั่วไป หนังสือสำรอง และวิทยานิพนธ์ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ปีการศึกษา 2535 ถึงเดือนตุลาคม ปีการศึกษา 2540 รวมเป็นอนุกรมเวลายาวเดือน 65 เดือน จากบันทึกสถิติรายเดือนของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ส่วนฐานข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา ปีการศึกษา 2480-2539 เป็นอนุกรมเวลายาวปี 60 ปี จากหนังสือสถิติรายปีประเทศไทย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบบันทึกข้อมูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และผู้วิจัยบันทึกรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 4 ตอน คือ ตอนแรก เป็นการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ตอนที่สอง การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย ตอนที่สาม การวิเคราะห์อนุกรมเวลาวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ และตอนที่สี่ การตรวจสอบผลการพยากรณ์ โดยการนำผลจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มาเปรียบเทียบกับผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย วิธีเคลื่อนที่เลื่อนที่ และวิธีทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล แล้วคำนวณความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์แต่ละวิธีด้วยค่าวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ

## สรุปผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล คือ ตัวแปรหนังสือทั่วไป มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนตัวแปรหนังสือสารรอง มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจายพบว่า ตัวแปรหนังสือสารรอง มีการกระจายสูงสุด และตัวแปรหนังสือทั่วไป มีการกระจายต่ำสุด เมื่อพิจารณาข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล พบว่าตัวแปรจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าตัวแปรจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจายพบว่า ตัวแปรจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา มีการกระจายสูงกว่าจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา เมื่อพิจารณาการแจกแจงของตัวแปรทั้ง 5 ตัว พบว่า ตัวแปรส่วนใหญ่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา และมีความโค้งสูงกว่าปกติ ยกเว้นตัวแปรจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และมีความโค้งต่ำกว่าโค้งปกติ

2. การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป หนังสือสารรอง และวิทยานิพนธ์ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นตรงและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีการรวมโมเดลแบบคูณ ส่วนจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นโค้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ผลการวิจัยพบว่า

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่

1. ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไปมีโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ  $ARIMA(0,0,1) \times SARIMA(1,1,0)_{12}$  หรือ  $MA(1) \times SARI(1,1)_{12}$  และเขียนสมการพยากรณ์ได้ว่า

$$\hat{Z}_t = -0.139 + 0.206a_{t-1} + (1 - 0.755)Z_{t-12} + 0.755 Z_{t-24} + a_t$$

โมเดลนี้สามารถพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป ปีการศึกษา 2540 คือ ตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน 2540 ถึงเดือนมีนาคม 2541 ได้ดังนี้ 2,757, 2,818, 2,768, 3,203 และ 1,818 เล่ม ตามลำดับ

2. ปริมาณการพิมพ์หนังสือสารองมีโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ ARIMA (0,1,1)  $\times$  SARIMA(1,1,0)<sub>12</sub> หรือ IMA (1,1)  $\times$  SARI(1,1)<sub>12</sub> และเขียนสมการพยากรณ์ได้ว่า

$$\hat{Z}_t = 0.009 - 0.548 a_{t-1} - 0.671 (Z_{t-1} - Z_{t-2} - Z_{t-13} + Z_{t-14}) + Z_{t-1} + Z_{t-12} - Z_{t-13} + a_t$$

โมเดลนี้สามารถพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือสารอง ปีการศึกษา 2540 คือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2540 ถึงเดือนมีนาคม 2541 ได้ดังนี้ 82, 41, 39, 54 และ 66 เล่ม ตามลำดับ

3. ปริมาณการพิมพ์วิทยานิพนธ์มีโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ ARIMA (0,0,1)  $\times$  SARIMA(1,1,0)<sub>12</sub> หรือ MA (1)  $\times$  SARI(1,1)<sub>12</sub> และเขียนสมการพยากรณ์ได้ว่า

$$\hat{Z}_t = -0.077 + 0.402 a_{t-1} + (1 - 0.489)Z_{t-12} + 0.489 Z_{t-24} + a_t$$

โมเดลนี้สามารถพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์วิทยานิพนธ์ ปีการศึกษา 2540 คือ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2540 ถึงเดือนมีนาคม 2541 ได้ดังนี้ 3,031, 1,754, 2,208, 2,012 และ 1,264 เล่ม ตามลำดับ

### 3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่

1. จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ ARIMA (0,2,1) หรือ IMA (2,1) และเขียนสมการพยากรณ์ได้ว่า

$$\hat{Z}_t = -5507.844 + 2Z_{t-1} - Z_{t-2} - 0.714 a_{t-1} + a_t$$

โมเดลนี้สามารถพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา ตั้งแต่ปีการศึกษา 2540 - 2544 ได้ดังนี้ 6,130,718, 6,009,548, 5,882,870, 5,750,685 และ 5,612,992 คน ตามลำดับ

2. จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ ARIMA (0,2,3) หรือ IMA (2,3) และเขียนสมการพยากรณ์ได้ว่า

$$\hat{Z}_t = 2771.085 + 2Z_{t-1} - Z_{t-2} - 0.188 a_{t-1} - 0.205 a_{t-2} + 0.983 a_{t-3} + a_t$$

โมเดลนี้สามารถพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ตั้งแต่ปีการศึกษา 2540 - 2544 ได้ดังนี้ 4,208,097, 4,422,787, 4,604,586, 4,808,325 และ 5,034,524 คน ตามลำดับ

4. การตรวจสอบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ เปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่ และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

โดยการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ในแต่ละวิธี ด้วยค่าวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ

4.1 การคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน และค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สัมพัทธ์ เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แต่ถ้าใช้ ค่าร้อยละที่คิดว่าเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ให้ค่าร้อยละที่คิดสูงกว่าสูงถึง 62.30 % แสดงว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และรองลงมาเป็นผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์

2. ขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือสารอรง เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สัมพัทธ์ ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน และค่าร้อยละที่คิดว่าเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แต่ถ้าใช้ ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

3. ขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์วิทยานิพนธ์ เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เมื่อใช้ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน และค่าร้อยละที่คิดว่าเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์

การถดถอยมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อน สมบูรณ์สัมพัทธ์ เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากฤดูกาล ในภาพรวม พบว่า ผลการพยากรณ์ปริมาณหนังสือทั่วไป หนังสือสารรอง และวิทยานิพนธ์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมา เป็นวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ตามลำดับ แต่ถ้าพิจารณาจากค่า RMSE พบว่า วิธีการวิเคราะห์การถดถอยมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาเป็นวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ วิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ตามลำดับ

4.2 การคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนนักเขียนระดับประถมศึกษา เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ และ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบสาม ครั้ง มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เมื่อใช้ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สัมพัทธ์ และค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แต่ถ้าใช้ ค่าร้อยละที่ต่ำกว่า เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง ให้ค่าร้อยละที่ต่ำกว่าสูงถึง 77.97 % แสดงว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และรองลงมาเป็นผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจ็นกินส์

2. ขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนนักเขียนระดับมัธยมศึกษา เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สัมพัทธ์ และค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน และค่าร้อยละที่ต่ำกว่า เป็นเกณฑ์

ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แต่ถ้าใช้ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

เมื่อพิจารณาขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ในภาพรวม พบว่า ผลการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาเป็น วิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย ตามลำดับ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน ที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละวิธี โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่า

1. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไปด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวก กับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $r = 0.84$  และ  $0.78$  ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $r = 0.72$ )

2. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือสารองด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยวิธี (ERRREG) การเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการ

วิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบไฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $r = 0.81$  และ  $0.84$  ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $r = 0.83$ )

3. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์ปริมาณการเพิ่มวิทยานิพนธ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) และวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ ( $r = 0.55, 0.62$  และ  $0.34$  ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $r = 0.94$ )

4. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอยวิธี (ERRREG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลตามครั้ง (ERRTES) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลตามครั้ง (ERRTES) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $r = 0.46$  และ  $0.98$  ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลตามครั้ง (ERRTES) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $r = 0.39$ ) และ มีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $r = -0.40$ )

5. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (ERRMPC) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล (ERREES) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล (ERREES) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ( $r = 0.68$ )

### อภิปรายผลการวิจัย

จากการตรวจสอบค่าสถิติพื้นฐาน ของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป หนังสือสารรอง และวิทยานิพนธ์ ของศูนย์บรรณสารสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่า โดยเฉลี่ยแล้ว หนังสือทั่วไป มีปริมาณการพิมพ์มากที่สุด ทั้งนี้เพราะศูนย์บรรณสารสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้บริการนิติตทั้งระดับปริญญาตรี ปริญญาโทและปริญญาเอก ซึ่งหนังสือทั่วไปเป็นแหล่งค้นคว้าหาความรู้ที่หลากหลายของนิติตทุกระดับชั้น ในขณะที่วิทยานิพนธ์มีปริมาณการพิมพ์โดยเฉลี่ยน้อยกว่าหนังสือทั่วไป เพราะผู้ใช้บริการส่วนใหญ่จะเป็นนิติตในระดับปริญญาโทและปริญญาเอกเท่านั้น ส่วนปริมาณการพิมพ์หนังสือสารรอง มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด ทั้งนี้เพราะหนังสือสารรอง เป็นหนังสือที่อาจารย์ผู้สอนเป็นผู้สั่งซื้อ เพื่อใช้ประกอบในการเรียนการสอนเฉพาะเนื้อหาวิชา ผู้ใช้จึงมักจะเป็นผู้ที่เรียนในเนื้อหาวิชานั้น ผู้ใช้บริการหนังสือสารรอง จึงมีอยู่ในวงที่ค่อนข้างจำกัด ปริมาณการพิมพ์จึงมีน้อย ประกอบกับหนังสือประเภทนี้ก็มีอยู่ไม่มากนัก

การตรวจสอบค่าสถิติพื้นฐาน ของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล เพื่อให้ทราบการกระจายและการแจกแจงของข้อมูลตั้งแต่ปีการศึกษา 2580-2539 พบว่า โดยเฉลี่ยแล้วมีจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษามากกว่าระดับมัธยมศึกษา ทั้งนี้เพราะการจัดการศึกษาระดับประถมศึกษา เป็นการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานที่รัฐพึงจัดสวัสดิการแบบให้เปล่าแก่เด็กในวัยเรียนทุกคน ในขณะที่การจัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา ผู้เรียนต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการเรียนด้วยส่วนหนึ่ง คนที่มีฐานะค่อนข้างยากจน โดยเฉพาะคน



ในบทบาท จึงขาดโอกาสที่จะได้รับการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาจึงมีค่าเฉลี่ยต่ำ

การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย ตามหลักการของการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ผู้วิจัยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลา เพราะรูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลาจะค่อย ๆ เกิดขึ้นในขั้นตอนต่าง ๆ ของการวิเคราะห์ โดยการหาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์พาร์เซิล แต่เนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงกรณีศึกษา ที่นำวิธีการมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องตรวจสอบรูปแบบการเคลื่อนไหวของข้อมูลว่า ข้อมูลที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลจริงหรือไม่ จากการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้ผู้วิจัยได้ข้อค้นพบที่สำคัญ คือ หากผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ค่าสังเกตมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่  $R^2$  มีค่าน้อย แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และเมื่อนำค่าสังเกตชุดนี้ไปหาค่าฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์พาร์เซิล ก็จะได้รูปแบบการเคลื่อนไหวที่สอดคล้องกัน เช่น การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ปริมาณการเยี่ยมชมนิทรรศน์ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม สามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของข้อมูลได้ 45.6 % ( $R^2 = 0.456$ ) แสดงว่าปริมาณการเยี่ยมชมนิทรรศน์ เป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล การกำหนดโมเดลจึงควรจะหาผลต่างทั้งของการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและผลต่างฤดูกาล แต่เมื่อนำข้อมูลชุดเดียวกันนี้ ไปหาค่าฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์พาร์เซิล จะพบว่าลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็วแต่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ส่วนการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มมีน้อยมาก

ดังนั้นการกำหนดโมเดลจึงหาเฉพาะผลต่างของฤดูกาล ไม่จำเป็นต้องหาค่าผลต่างของการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม

ถ้าค่าสังเกตมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญสถิติ และ  $R^2$  มีค่ามาก เมื่อนำค่าสังเกตชุดนี้ ไปหาค่าฟังก์ชันอັดตะสทัมพันธ์และฟังก์ชันอັดตะสทัมพันธ์ทาร์เชียล ก็จะได้รูปแบบการเคลื่อนไหวเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่น จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม อธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม สามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของข้อมูลได้ถึง 90.3 % ( $R^2 = 0.903$ ) แสดงว่าจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม เมื่อนำข้อมูลชุดเดียวกันนี้ไปหาค่าฟังก์ชันอັดตะสทัมพันธ์และฟังก์ชันอັดตะสทัมพันธ์ทาร์เชียล จะพบว่าลักษณะฟังก์ชันอັดตะสทัมพันธ์ มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้าอย่างชัดเจน แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย ผู้วิจัยก็สามารถกำหนดโมเดลได้ง่าย

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าการหาค่าฟังก์ชันอັดตะสทัมพันธ์และฟังก์ชันอັดตะสทัมพันธ์ทาร์เชียลของวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มีประโยชน์ที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถกำหนดโมเดลที่จะใช้ในการพยากรณ์ได้เหมาะสมยิ่งขึ้น

จากการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีและไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อค้นพบที่สำคัญ 3 ประการ คือ

ประการที่ 1 เนื่องจากปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป หนังสือสารรอง และวิทยานิพนธ์ มีการขึ้นลงตามฤดูกาลด้วยรูปแบบ หรือลักษณะการเคลื่อนไหวที่คล้ายคลึงกันในแต่ละปี ค่าพยากรณ์หาที่ได้ในปีการศึกษา 2540 จึงมีลักษณะการเคลื่อนไหวใกล้เคียงกับปีการศึกษาที่ผ่านมา ๆ มา

ประการที่ 2 จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการคาดประมาณการจำนวนประชากรของประเทศไทย พ.ศ. 2539-2543 จำแนกตามหมวดอายุที่จัดทำโดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎนตรี โดยมีการคาดประมาณว่าในปี พ.ศ.

2539-2543 จะมีประชากรช่วงอายุ 5-14 ปี ประมาณ 11,057,000, 10,977,000, 10,904,000, 10,838,000 และ 10,775,000 คน ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อจำนวนประชากรในวัยเด็กลดลง ก็น่าจะทำให้จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาที่มีแนวโน้มลดลงด้วยเช่นกัน

ประการที่ 3 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากรัฐมนตรีว่าการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในเขตพื้นที่ชนบทยากจนและเขตทุรกันดาร โดยไม่เก็บค่าเล่าเรียน เพื่อลดความไม่เสมอภาคในโอกาสทางการศึกษาและเร่งรัดพัฒนาคุณภาพของประชากร นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาไปยังเขตเมืองด้วย และในอนาคตรัฐมนตรีว่าการศึกษาระดับมัธยมศึกษาขั้นพื้นฐานเป็น 9 ปี และ 12 ปี ตามลำดับ จึงน่าจะทำให้จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มีแนวโน้มสูงขึ้น

อย่างไรก็ตามการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ ควรพยากรณ์ล่วงหน้าเพียง 1 หน่วยเวลาเท่านั้น จึงจะเกิดความแม่นยำมากที่สุด ทั้งนี้เพราะวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์จะใช้สารสนเทศจากข้อมูลจริงมากที่สุด

เมื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ กับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่ และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล พบว่า ทั้ง 4 วิธีสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ก็ไม่มากนัก แต่การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ จะมีความยุ่งยากในการเลือกโมเดลมากกว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่ และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เนื่องจากวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ ผู้วิจัยต้องพิจารณาเลือกโมเดลเอง ในขณะที่วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่ และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เครื่องคอมพิวเตอร์จะเลือกโมเดลที่เหมาะสมให้ผู้วิจัย แต่อย่างไรก็ตามวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ ให้ค่าพยากรณ์ที่มีความถูกต้องค่อนข้างสูง

เมื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ กับวิธีการหาอัตราส่วน หรือการหาสัดส่วน พบว่า วิธีการหาอัตราส่วน จะง่าย สะดวก รวดเร็ว และใช้ข้อมูลไม่มากนัก

เมื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ กับสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา พบว่า สูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา จะมีความยุ่งยากกว่าวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ คือ ผู้วิจัยต้องสร้างสมการ และต้องเก็บข้อมูลตัวแปรหลายตัว แต่เก็บเพียงครั้งเดียว

การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ กับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่ และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยใช้เกณฑ์การวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ พบว่า การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดเสมอไป การพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ เหมาะที่จะใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวค่อนข้างชัดเจน จะทำให้ง่ายต่อการกำหนดโมเดล แต่หากข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะการเคลื่อนไหวไม่ค่อนข้างชัดเจนนักก็อาจจะใช้วิธีการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย และวิธีการเคลื่อนที่ เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์การถดถอยและวิธีการเคลื่อนที่ ใช้ได้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ก็ไม่สลับซับซ้อนนัก

การที่จะเลือกว่าควรใช้วิธีใดในการพยากรณ์ ควรทำการตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลดูเสียก่อนว่าข้อมูลที่ผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์มีลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นอย่างไร เพราะวิธีการพยากรณ์แต่ละวิธีจะเหมาะกับข้อมูลที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลครั้งเดียว ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ในขณะที่วิธีปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮสท์-วินเทอร์ ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล เป็นต้น การเลือกวิธีการพยากรณ์ที่ถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล เป็นการลดขนาดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ให้เหลือน้อยที่สุด นั่นคือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์มีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

ดังที่กล่าวมาในตอนต้นว่า เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดความคลาดเคลื่อนมีหลายแบบ ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ในการวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ แต่ไม่มีวิธีการวัดความคลาดเคลื่อนแบบใดที่ดีที่สุด การที่ผู้วิจัยตัดสินใจว่าจะใช้เกณฑ์ใดในการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ควรขึ้นอยู่กับสถานการณ์ เช่น พิจารณาจากจำนวนค่าสังเกต ถ้าจำนวนค่าสังเกตของอนุกรมเวลามีจำนวนน้อยควรใช้ MdRAE ถ้าจำนวนค่าสังเกตของอนุกรมเวลามีมากควรใช้ MdAPE หากต้องการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ควรใช้ RMSE แต่วิธีนี้ก็มี

ข้อเสียคือ มีความเที่ยงต่ำ ส่วนกรณีที่เราจะมีความคลาดเคลื่อนมากก็ไม่ควรใช้ MAPE เพราะ MAPE มีความลำเอียงในการประมาณค่าค่า ถ้าต้องการตรวจสอบความถูกต้องของ เครื่องมือวัดควรใช้ GMRAE เป็นต้น

อย่างไรก็ตามควรมีการใช้เกณฑ์ในการวัดความคลาดเคลื่อนหลาย ๆ เกณฑ์พร้อมกัน กล่าวคือ การที่ผู้วิจัยจะเลือกวิธีการพยากรณ์แบบใด ให้ใช้เกณฑ์ในการวัดความคลาดเคลื่อนหลาย ๆ เกณฑ์ ถ้าพบว่าเกณฑ์ส่วนใหญ่ของวิธีการพยากรณ์ใดมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อย ก็ควรเลือกวิธีการพยากรณ์วิธีนั้น เช่น การพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา ใช้เกณฑ์ในการวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ พบว่าวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์มีอยู่ 5 แบบที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จึงควรเลือกวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ในการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา ในขณะที่ถ้าวิธีการวิเคราะห์การถดถอย มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดอยู่ 5 แบบ ก็ควรเลือกวิธีการวิเคราะห์การถดถอยในการพยากรณ์ เป็นต้น ทั้งนี้การเลือกวิธีการพยากรณ์ ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้วิจัยเป็นสำคัญ แต่ถ้าหากนักวิจัยจำเป็นต้องเลือกวิธีการใดวิธีการหนึ่ง ในการวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบนี้ ควรจะใช้ RMSE เพราะค่า RMSE คิดจากผลรวมของความคลาดเคลื่อนของข้อมูลทุกตัวมายกกำลังสอง จึงให้สารสนเทศมากกว่าวิธีอื่น ๆ

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน ที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณ การยื่นหนังสือทั่วไป และหนังสือสำรอง พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มีความสัมพันธ์ทางบวกสูง กับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ แสดงว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ จะมีค่าใกล้เคียงกับผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์

ความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อน ที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการยื่นวิธานิพนธ์ พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มีความสัมพันธ์ทางบวกระดับปานกลาง กับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ แสดงว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ จะมีค่าใกล้เคียงกับผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ไม่มากนัก แต่ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์

การถอดออก มีความสัมพันธ์ทางบวกสูงกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ แสดงว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถอดออก มีค่าใกล้เคียงผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์มาก

ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน ที่ได้จากการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกินส์ มีความสัมพันธ์ทางบวกระดับปานกลาง กับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง และมีความสัมพันธ์ทางบวกระดับสูงกับวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลตามครึ่ง แสดงว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกินส์ จะมีค่าใกล้เคียงกับผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลตามครึ่งมากกว่าวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สอง

ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน ที่ได้จากการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกินส์ มีความสัมพันธ์ทางบวกระดับปานกลาง กับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล แสดงว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกินส์ จะมีค่าใกล้เคียงกับผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

### ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้วิธีของบ็อกซ์และเงินกินส์ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อันได้แก่ ปริมาณการขิมตั้งพิมพ์ของศูนย์วรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครูศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ควรมีการนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลด้านอื่น ๆ เช่นปริมาณการเข้าใช้บริการห้องสมุดของผู้บริการ ปริมาณการขิมตั้งพิมพ์หมวดต่าง ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทางศูนย์วรรณสารสนเทศทางการศึกษา มีการเก็บรวบรวมต่อเนื่องกันเป็นประจำทุกวัน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนของหน่วยงาน

การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อันได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษาในภาพรวมทั้งประเทศ อันจะเกิดประโยชน์ต่อ

การวางแผนการศึกษาในระดับบน จึงควรมีการใช้เทคนิคนี้ในการพยากรณ์จำนวนนักเรียนในระดับภาคหรือระดับจังหวัด จะช่วยให้การวางแผนเพื่อพัฒนาการศึกษาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เพราะในแต่ละพื้นที่จะมีสภาพแตกต่างกัน ในการวางแผนเพื่อพัฒนาการศึกษาที่เช่นเดียวกัน ควรจะได้มีการนำข้อมูลระดับภาคหรือระดับจังหวัดมาใช้ประโยชน์ เพื่อลดความไม่เสมอภาคทางการศึกษาให้ลดลงมากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการจัดสรรทรัพยากรทางการศึกษา

2. ควรมีการนำค่าที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการเพิ่มสิ่งพิมพ์ ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนงานด้านต่าง ๆ ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครูศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เช่น หนังสือประเภทใดมีแนวโน้มปริมาณการเพิ่มสูง ศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษาควรมีการจัดหาเพิ่มเติมให้เพียงพอหรือตรงกับความต้องการของนิสิต ส่วนค่าที่ได้จากการพยากรณ์จำนวนนักเรียนในครั้งนี้ เป็นค่าพยากรณ์ในภาพรวมทั้งประเทศ จึงควรนำค่าพยากรณ์ไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนงานทางการศึกษาของหน่วยงานต่าง ๆ ในระดับบน

3. หน่วยงานที่สนใจจะนำวิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาบ็อกซ์และเงินกันต์มาใช้ในการพยากรณ์ ควรมีการเก็บข้อมูลเป็นเวลาต่อเนื่องกัน เช่น อาจเก็บเป็นข้อมูลรายวัน รายเดือน รายไตรมาส หรือรายปีก็ได้ แต่ต้องมีข้อมูลอย่างน้อย 50 ค่า จึงจะสามารถใช้วิธีการนี้ได้

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. จากการศึกษาสูตรเศรษฐมิติทางการศึกษา พบว่ายังไม่มีการตรวจสอบเปรียบเทียบกับวิธีบ็อกซ์และเงินกันต์ ควรมีการประยุกต์โดยเอาตัวแปรทุกตัวมาพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกันต์ และหาสูตรเศรษฐมิติเป็นช่วง ๆ เพื่อดูความคงที่ของโมเดล

2. การวิจัยครั้งนี้เป็นการพยากรณ์จำนวนนักเรียนจากความสัมพันธ์ของข้อมูลในอดีต แต่การพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาที่พบส่วนใหญ่ จะพยากรณ์จำนวนนักเรียนจากอัตราการเกิด อัตราการตาย อัตราการย้ายถิ่น และอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรในวัยก่อนเรียนและวัยเรียน จึงควรมีการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์จากวิธีการดังกล่าวว่าวิธีใดน่าจะให้ผลการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงสภาพที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด

3. การวิจัยครั้งนี้มีการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์โดยใช้เกณฑ์ในการวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ ควรใช้ RMSE เป็นการสรุปจากหลักฐานการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาเพียง 5 ชุด ซึ่งไม่ครอบคลุมลักษณะข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งหมด ในการวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์แต่ละวิธี จึงน่าจะใช้การจำลองสถานการณ์ (simulation) แบบมอนติคาร์โล เพื่อเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ที่มีวิธีการและสถานการณ์ที่แตกต่างกัน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย