



## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์จากการใช้โมเดลอริมา โมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และโมเดลการถดถอย ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่คงที่และไม่คงที่ โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบจากการวัดความคลาดเคลื่อน 6 วิธี ได้แก่ RMSE , MdAPE , MAPE , GMRAE , MdRAE และ Percent Better ฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตั้งแต่เดือนมิถุนายน ปีการศึกษา 2535 ถึงเดือนตุลาคม ปีการศึกษา 2543 รวมเป็นอนุกรมเวลารายเดือนชุดละ 101 เดือน จากบันทึกสถิติรายเดือนของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบบันทึกข้อมูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและผู้วิจัยบันทึกรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 4 ตอน ตอนแรก เป็นผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ตอนที่สอง เป็นผลการตรวจสอบความคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลา ตอนที่สาม เป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ พร้อมทั้งการพยากรณ์อนุกรมเวลาล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา และตอนที่สี่ เป็นผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า

#### สรุปผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของอนุกรมเวลา ผลการวิจัยพบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด มีค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ และความโด่ง มากกว่าปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด แต่ในทางกลับกันพบว่า ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายมากกว่าจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด
2. การตรวจสอบความคงที่ ซึ่งได้แก่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก และมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดู

กาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีการรวมโมเดลแบบบวก ส่วนปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นตรง และมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีการรวมโมเดลแบบคูณ

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา ผลการวิจัยพบว่า

#### 3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ได้แก่

(1) จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดมีโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ  $W_t \sim MA(1) \times SMA(1)_{12}$  เขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{W}_t = (1 - 0.9492B)(1 - 0.5237B^{12})e_t$$

สมการนี้สามารถพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ได้ดังนี้ 78,228, 71,155, 75,690, 77,679 และ 77,119 คน ตามลำดับ

(2) ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ  $W_t \sim AR(1) \times SAR(1)_{12}$  เขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{W}_t = (1 + 0.3528B)(1 + 0.6948B^{12})e_t$$

สมการนี้สามารถพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ได้ดังนี้ 228, 582, 526, 687 และ 660 เล่ม ตามลำดับ

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอิมปัลส์อินเตอร์เวนชัน ได้แก่

(1) จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดมีโมเดลที่เหมาะสมกับข้อมูล

$$\text{คือ } Y_t = \omega_0 I_t + \frac{(1 - \theta_1 B)(1 - \theta_{12} B^{12})}{(1 - B)(1 - B^{12})} \varepsilon_t$$

เขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Z}_t^y = 41,952.5Z_t^1 + (1 - 0.7816B)(1 - 0.7307B^{12}) e_t$$

สมการนี้สามารถพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือน มีนาคม 2544 ได้ดังนี้ 70,084, 64,217, 66,748, 68,125 และ 55,282 คน ตามลำดับ

(2) ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีโมเดลที่เหมาะสมกับ

ข้อมูล คือ 
$$Y_t = \omega_0 I_t + \frac{(1 - \theta_1 B)}{(1 - \phi_{12} B^{12})(1 - B)(1 - B^{12})} \varepsilon_t$$

เขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Z}_t^y = 219.7557Z_t^1 + \frac{(1 - 0.4673B)}{(1 + 0.1643B^{12})} e_t$$

สมการนี้สามารถพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึง เดือน มีนาคม 2544 ได้ดังนี้ 843, 581, 790, 700 และ 237 เล่ม ตามลำดับ

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรต้นมี ได้แก่

(1) จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดมีสมการพยากรณ์ที่เหมาะสม

กับข้อมูล คือ 
$$\hat{Y}_t = b_0 + b_1 X_{1t} + b_2 X_{2t} + b_3 X_{3t} + b_4 X_{4t} + b_5 X_{5t} + b_6 X_{6t} + b_7 X_{7t} \\ + b_8 X_{8t} + b_9 X_{9t} + b_{10} X_{10t} + b_{11} X_{11t} + \omega_0 I_t$$

เขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\hat{Y}_t = 3,919.726 + 9,587.565X_{1t} + 11,755.565X_{2t} + 15,396.009X_{3t} \\ + 18,847.231X_{4t} - 2,879.991X_{5t} + 13,403.250X_{6t} + 10,999.875X_{7t} \\ + 11,552.750X_{8t} + 12,422.375X_{9t} + 3,788.625X_{10t} + 2,589.750X_{11t} \\ + 43,293.193I_t$$

สมการนี้สามารถพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ได้ดังนี้ 49,803, 47,213, 56,801, 58,969 และ 62,609 คน ตามลำดับ

(2) ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีสมการที่เหมาะสมกับข้อมูล คือ  $\hat{Z}_t = Y_t = b'_0 + b'_1 t + b'_2 I_t + b'_3 X_{1t} + b'_4 X_{2t} + b'_5 X_{3t} + b'_6 X_{4t} + b'_7 X_{5t} + b'_8 X_{6t} + b'_9 X_{7t} + b'_{10} X_{8t} + b'_{11} X_{9t} + b'_{12} X_{10t} + b'_{13} X_{11t}$

เขียนสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \hat{Z}_t = Y_t = & -0.892 - 3.532 t + 0.557 I_t + 0.389 X_{1t} + 0.469 X_{2t} \\ & + 0.417 X_{3t} + 0.664 X_{4t} - 0.425 X_{5t} + 0.545 X_{6t} + 0.418 X_{7t} + 0.420 X_{8t} \\ & + 0.742 X_{9t} - 1.064 X_{10t} - 0.112 X_{11t} \end{aligned}$$

สมการนี้สามารถพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 ได้ดังนี้ 361, 364, 367, 371 และ 374 เล่ม ตามลำดับ

4. การตรวจสอบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ โดยการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ในแต่ละวิธี ด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

4.1 ขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด เมื่อใช้เกณฑ์ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สัมพัทธ์เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบพบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แสดงว่าทั้ง 2 เกณฑ์คือ MdAPE และ GMRAE มีประสิทธิภาพในด้านของความตรงเชิงโครงสร้าง การป้องกันค่าสุดโต่ง และความไว ในการวัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน และร้อยละที่ต่ำกว่าเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบพบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แสดงว่าทั้ง 4 เกณฑ์คือ RMSE, MAPE, MdRAE และ Percent Better มีประสิทธิภาพในด้านของความเที่ยง ความตรงเชิงโครงสร้าง การป้องกันค่าสุดโต่ง ความไว และความสัมพัทธ์ต่อการตัดสินใจ ในการวัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิค

ของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน โดยภาพรวมสรุปได้ว่าวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุด

4.2 ขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ และค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อนเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบพบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แสดงว่าทั้ง 3 เกณฑ์คือ RMSE, MdAPE และ MdRAE มีประสิทธิภาพในด้านของความตรงเชิงโครงสร้าง การป้องกันค่าสุดโต่ง ความไว และความสัมพันธ์ต่อการตัดสินใจ ในการวัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ เมื่อใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สัมพัทธ์และร้อยละที่ดีกว่าเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบพบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แสดงว่าทั้ง 3 เกณฑ์คือ MAPE, GMRAE และ Percent Better มีประสิทธิภาพในด้านของความเที่ยง ความตรงเชิงโครงสร้าง การป้องกันค่าสุดโต่ง และความไว ในการวัดความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน โดยภาพรวมสรุปได้ว่าการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด

#### อภิปรายผลการวิจัย

จากการตรวจสอบความคงที่และไม่คงที่ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล จะกระทำโดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอย โดยจะนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด ซึ่งเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ วิธีการที่ง่ายที่สุดที่จะตรวจสอบว่าอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดคงที่หรือไม่คงที่คือการพล็อตกราฟ ซึ่งจะช่วยให้ผู้วิจัยสามารถคาดเดาได้ว่าอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดมีแนวโน้มเป็นแบบใด แต่การตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟอาจไม่เพียงพอที่จะสรุปได้ว่ามีแนวโน้มจริงหรือไม่ เพราะเป็นการประมาณโดยอาศัยการสังเกตจากตัวผู้วิจัยเอง จึงต้องอาศัยการคำนวณทางสถิติเพื่อเป็นการยืนยันว่าอนุกรมเวลาที่ตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟจะมีลักษณะเช่นเดียวกันกับเมื่อ

ทำการตรวจสอบด้วยการคำนวณทางสถิติหรือไม่ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้การวิเคราะห์การถดถอย เนื่องจากสามารถตรวจสอบได้ว่าอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและ/หรือการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ เหตุที่ต้องทำการตรวจสอบเช่นนี้เป็นเพราะการวิเคราะห์อนุกรมเวลาในครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีที่ต้องอาศัยพื้นฐานของวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ จึงจำเป็นต้องตรวจสอบให้แน่ชัดว่าอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดไม่คงที่เนื่องมาจากสาเหตุอะไรบ้าง เพื่อที่จะแปลงอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดให้คงที่ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม และจากการวิเคราะห์อนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดทำให้ผู้วิจัยได้ข้อค้นพบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่า  $R^2$  อยู่ในช่วงระหว่าง 0.4 – 0.7 แสดงว่าการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับเมื่อผู้วิจัยนำอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดไปหาค่าฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์บางส่วน เช่น การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอยพบว่า จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติกและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เช่นเดียวกัน และการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลของอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุด สามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาได้ 44.70% และ 68.90% ตามลำดับ แสดงว่าจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดเป็นอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ดังนั้นในการกำหนดโมเดลด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์จึงควรหาผลต่างของการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและหาผลต่างฤดูกาลของการเปลี่ยนแปลงที่มีอิทธิพลของฤดูกาลเข้ามาเกี่ยวข้อง เมื่อนำอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดไปหาค่าฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์บางส่วนจะพบว่า ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างรวดเร็วและมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาไม่คงที่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม ดังนั้นการกำหนดโมเดลจึงควรหาเฉพาะผลต่างของอนุกรมเวลาเท่านั้น แต่เมื่อพิจารณาจากลักษณะฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์บางส่วนพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาไม่คงที่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลด้วย ดังนั้นการกำหนดโมเดลจึงจำเป็นที่จะต้องหา

ทั้งผลต่างและผลต่างฤดูกาล และเมื่อนำอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดไปหาค่าฟังก์ชันอัตตะสหัสสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหัสสัมพันธ์บางส่วนจะพบว่า ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหัสสัมพันธ์มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างรวดเร็วและมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ดังนั้นการกำหนดโมเดลจึงควรหาทั้งผลต่างและผลต่างฤดูกาล สรุปได้ว่าการกำหนดโมเดลของอนุกรมเวลาก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีความจำเป็นที่จะต้องหาค่าฟังก์ชันอัตตะสหัสสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหัสสัมพันธ์บางส่วน เพื่อประกอบการพิจารณาในการกำหนดโมเดลให้กับอนุกรมเวลาได้ดียิ่งขึ้น

ในขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรตามมี ก่อนที่จะกำหนดสมการที่จะนำมาใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาล่วงหน้า 5 ช่วงเวลานั้น จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบโมเดลอีกครั้งหนึ่ง หลังจากที่ได้มีการตรวจสอบความคงที่และไม่คงที่ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟและการวิเคราะห์การถดถอยในขั้นแรกแล้ว เพื่อให้ทราบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีลักษณะของอินเตอร์เวนชันจริงหรือไม่ ซึ่งแตกต่างจากการตรวจสอบในตอนที่ 2 ซึ่งทำการตรวจสอบแค่เพียงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดมีแนวโน้มและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ โดยไม่มีการตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 2 ชุดมีลักษณะของอินเตอร์เวนชัน และจากการตรวจสอบโมเดลในขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรตามมีทำให้ได้ข้อสรุปว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากอินเตอร์เวนชัน ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการสังเกตจากการพล็อตกราฟ นอกจากนี้จากการตรวจสอบโมเดลในตอนที่ 2 พบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีการรวมโมเดลแบบคุณ ดังนั้นในการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นตอนของการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรตามมีจึงต้องมีการ take log ให้กับข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดเสียก่อน จึงจะทำการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลได้ ซึ่งความแตกต่างของการตรวจสอบโมเดล เพื่อให้ได้โมเดลที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมีรายละเอียดดังแผนภาพ 51

จากการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดด้วยวิธีการพยากรณ์ 3 วิธี ได้แก่ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรตามมี ทำให้ผู้วิจัยได้ข้อค้นพบว่าค่าพยากรณ์ที่ได้มีลักษณะการเคลื่อนไหวคล้ายคลึงกับค่าจริงของ

ในแต่ละปีการศึกษาที่ผ่านมา นอกจากนี้เมื่อใช้เกณฑ์ในการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า พบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดมากที่สุด และในส่วนของข้อมูลอนุกรมเวลา ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด พบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ใกล้เคียงกัน สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องมาจากเมื่อนำข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดมาพล็อตกราฟดังแผนภาพ 13 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว รวมทั้งสามารถสังเกตเห็นลักษณะของการเกิด อินเตอร์เวนชันได้ชัดเจน แต่เมื่อนำข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดมา พล็อตกราฟดังแผนภาพ 14 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟมีลักษณะค่อยๆ เกิดอินเตอร์เวนชัน นอกจากนี้ยัง แสดงให้เห็นว่าวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์สามารถนำมาใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่โมเดลมีการรวมกัน แบบคูณได้ดี และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันสามารถนำมาใช้ พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่โมเดลมีการรวมกันแบบบวกและแบบคูณได้ดี และจากผลการพยากรณ์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรต้นที่มีให้ผลการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้า ใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดที่มีความคลาดเคลื่อนมากกว่าวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์ และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันนั้น สามารถ สรุปลได้ว่าวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรต้นไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้พยากรณ์ข้อมูล อนุกรมเวลาที่มีลักษณะผิดปกติ (Intervention) เพราะมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ต่ำ ดังนั้นจากผล การวิจัยทำให้ได้ข้อสรุปหลายประการ ดังนี้

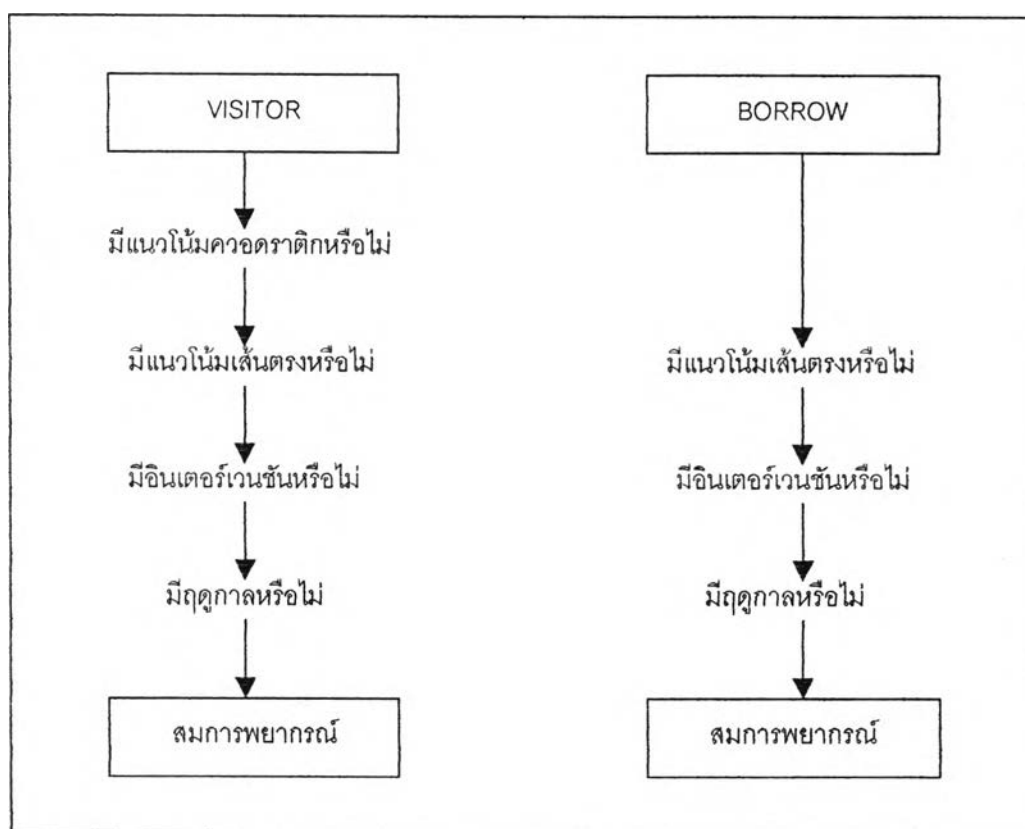
ประการแรก ในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะของอินเตอร์เวนชันที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ควรนำวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมาใช้ในการ พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลานั้น

ประการที่สอง ในกรณีที่ข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะของอินเตอร์เวนชันที่มีการ เปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้า สามารถนำวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์หรือวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของ โมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาได้ทั้ง 2 วิธี เนื่องจากมีประสิทธิภาพ ใกล้เคียงกัน

ประการที่สาม ในกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะของอินเตอร์เวนชัน ไม่สมควรที่จะนำวิธีการ วิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรต้นมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา เนื่องจากได้ทำการ



ตรวจสอบผลการพยากรณ์ที่ได้กับค่าวัดความคลาดเคลื่อนทั้ง 6 ค่า ได้แก่ RMSE, MAPE, MdAPE, GMRAE, MdRAE และ Percent Better แล้วว่ามีความคลาดเคลื่อนสูง เมื่อเทียบกับการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน



แผนภาพ 51 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นตอนการวิเคราะห์การถดถอย โดยใช้ตัวแปรดัมมี่

เมื่อเปรียบเทียบการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ พบว่าวิธีการวิเคราะห์ที่ซับซ้อนน้อยที่สุดคือการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ รองลงมาคือวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชัน ตามลำดับ สาเหตุที่วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันมีความยุ่งยากและซับซ้อนในการวิเคราะห์ข้อมูลมากที่สุด คือต้องมีการกำหนดโมเดลก่อนการเกิดอินเตอร์เวนชันด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ก่อน แล้วจึงนำโมเดลที่เหมาะสมมารวมกับฟังก์ชันอินเตอร์เวนชันเพื่อให้ได้โมเดลอริมาอินเตอร์เวนชันที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณ

การยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดต่อไป แต่จากการนำวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมา อินเทอร์เน็ตมาใช้ในการพยากรณ์พบว่ามีประสิทธิภาพในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาได้ดี ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าควรนำวิธีนี้มาใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะผิดปกติ (Intervention) ถึงแม้ว่าจะมีขั้นตอนซับซ้อนและยุ่งยาก แต่ก็ให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำและถูกต้อง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเทอร์เน็ต และวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ พบว่าวิธีที่สะดวกและรวดเร็วที่สุดคือการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่ รองลงมาคือวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเทอร์เน็ต ตามลำดับ สาเหตุที่วิธีการวิเคราะห์การถดถอยโดยใช้ตัวแปรดัมมี่เป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วก็เนื่องมาจากสามารถใช้โปรแกรม SPSS for Windows version 9.0 ในการคำนวณเพื่อกำหนดและตรวจสอบสมการที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์ได้เลย แต่ถึงแม้ว่าวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเทอร์เน็ตจะเป็นวิธีที่ยุ่งยากซับซ้อน แต่ก็ก็เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการนำมาใช้พยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะของอินเทอร์เน็ต นอกจากนี้ในกรณีของวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ต้องอาศัยโปรแกรม SPSS for Windows version 9.0 ในการพล็อตกราฟ การคำนวณหาค่าฟังก์ชันอัตโนมัติและอัตโนมัติบางส่วนเพื่อกำหนดโมเดลที่เหมาะสมเพื่อที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์ การประมาณค่าพารามิเตอร์ และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล และใช้โปรแกรม SAS ในการพยากรณ์อนุกรมเวลาล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา โดยที่วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์นี้มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลคล้ายคลึงกับวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเทอร์เน็ตในบางส่วน แต่ก็มีขั้นตอนที่แตกต่างกันดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว ดังนั้นจากการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีทำให้ผู้วิจัยได้เรียนรู้และพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งคุ้มค่ากับเวลา งบประมาณ และการพัฒนาศักยภาพของผู้วิจัยเป็นอย่างมาก

### ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่คงที่และไม่คงที่จากโมเดลอริมา โมเดลอริมาอินเทอร์เน็ต และโมเดลการถดถอย ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดและปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุด ของศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งผลการพยากรณ์จำนวนผู้เข้าใช้บริการในห้องสมุดตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน

2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 คือ 70,084, 64,217, 66,748, 68,125 และ 55,282 คน ตามลำดับ และ ผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือระหว่างห้องสมุดตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2543 ถึงเดือน มีนาคม 2544 คือ 843, 581, 790, 700 และ 237 เล่ม ตามลำดับ ดังนั้นผลการพยากรณ์ที่ได้จะนำไป ใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุง วางแผน และพัฒนาศูนย์บรรณสารสนเทศทางการศึกษาต่อไป

2. ในกรณีที่หน่วยงานของท่านมีข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอินเทอร์เน็ตเวบไซต์ ควรนำวิธี บ็อกซ์และเจนกินส์หรือวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเทอร์เน็ตเวบไซต์ไปใช้ในการ พยากรณ์ข้อมูล เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำ

### ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการจำลองข้อมูลอนุกรมเวลาหลายๆ รูปแบบ โดยใช้การจำลองสถานการณ์ (simulation) แบบมอนติคาร์โล เพื่อศึกษาว่ารูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลารูปแบบใดที่มีอิทธิพลของ อินเทอร์เน็ตเวบไซต์

### ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

1. ในกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะของอินเทอร์เน็ตเวบไซต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ควร นำวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเทอร์เน็ตเวบไซต์มาใช้ในการพยากรณ์

2. ในกรณีที่ข้อมูลมีลักษณะของอินเทอร์เน็ตเวบไซต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้า สามารถนำวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้เทคนิคของโมเดลอริมาอินเทอร์เน็ตเวบไซต์ มาใช้พยากรณ์ได้ เพราะมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน