

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์ (Bayesian method) วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins: B-J) และวิธีการพยากรณ์ร่วม (combined forecasting) โดยพิจารณาแยกวิธีการพยากรณ์ร่วม (combined forecasting) ออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 ได้จากการนำค่าพยากรณ์ด้วยวิธีพยากรณ์เดี่ยวที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลมารวมกันโดยให้นำน้ำหนักตามแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้จากการนำค่าพยากรณ์ด้วยวิธีพยากรณ์เดี่ยวที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลมารวมกันโดยให้นำน้ำหนักตามแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 โดยการเลือกวิธีพยากรณ์เดี่ยวที่เหมาะสมกับข้อมูลพิจารณาจาก 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) ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย หนังสือภาษาอังกฤษ และวิทยานิพนธ์ และข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนในระดับประถมศึกษา และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 8 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน
- ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล
- ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์
- ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์
- ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม
- ตอนที่ 6 ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

ตอนที่ 7 ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า

ตอนที่ 8 ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์เพื่อตอบสนองมาตรฐาน

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของข้อมูลเบื้องต้น โดยผู้วิจัยได้นำเสนอค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าสูงสุด (MAX) ค่าต่ำสุด (MIN) ค่าความเบ้ (SK) ค่าความโด่ง (KU) และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (C.V.) โดยเมื่อพิจารณาข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล 3 ชุด ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือ 3 ประเภท คือ หนังสือภาษาไทย (BOOK1) หนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) พบว่า วิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่า หนังสือภาษาไทย (BOOK1) มีการกระจายสูงสุด แต่วิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีการกระจายต่ำสุด เมื่อพิจารณาข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) พบว่า จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่า จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีการกระจายสูงกว่าจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (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 ดังตาราง 15

ตาราง 15 การแจกแจงของตัวแปรและค่าสถิติพื้นฐาน

ตัวแปร	N	\bar{X}	S.D.	MIN	MAX
ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)	88	3,450.26	2,015.65	84	7,100
ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)	88	532.60	278.97	16	1,266
ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)	88	6,957.25	2,547.32	1,310	12,313
จำนวนนักเรียนประถมศึกษา (STUDENT1)	64	4,789,323.13	2,026,963.54	1,139,595	7,449,219
จำนวนนักเรียนมัธยมศึกษา (STUDENT2)	64	1,123,982.77	1,226,070.06	45,111	4,097,331

ตาราง 15 (ต่อ) การแจกแจงของตัวแปรและค่าสถิติพื้นฐาน

ตัวแปร	SK	KU	C.V.
ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)	-.084	-1.161	58.42
ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)	.593	-.069	52.38
ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)	-.125	-.413	36.61
จำนวนนักเรียนประถมศึกษา (STUDENT1)	-.196	-1.565	42.32
จำนวนนักเรียนมัธยมศึกษา (STUDENT2)	.948	-.400	109.10

หมายเหตุ	ค่า SK > 0	หมายถึง	ข้อมูลมีการแจกแจงเบ้ขวา
	ค่า SK = 0	หมายถึง	ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ
	ค่า SK < 0	หมายถึง	ข้อมูลมีการแจกแจงเบ้ซ้าย
	ค่า KU > 0	หมายถึง	ข้อมูลมีการแจกแจงที่ค่อนข้างป้าน หรือโค้งน้อย
	ค่า KU = 0	หมายถึง	ข้อมูลมีการแจกแจงเป็นโค้งปกติ
	ค่า KU < 0	หมายถึง	ข้อมูลมีการแจกแจงที่มียอดสูง หรือโค้งมาก

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยในตอนนี้ เพื่อให้ทราบลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลา ทั้ง 5 ชุด โดยผู้วิจัยนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ตอนแรก ตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟ ตอนที่สอง ตรวจสอบโดยการวิเคราะห์การถดถอย ดังนี้

ตอนที่ 2.1 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟ

การตรวจสอบในตอนนี้เป็นการนำค่าสังเกตของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 5 ชุดที่เสนอไว้ในภาคผนวก ข (ตาราง 44-48) มาพล็อตกราฟ พบว่า ข้อมูลรายเดือน คือ หนังสือภาษาไทย (BOOK1) และ หนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาล ดังภาพ 9-10 ตามลำดับ ส่วนวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีแนวโน้มเส้นโค้งและฤดูกาล ดังภาพ 11 ส่วนข้อมูลรายปี คือ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มีแนวโน้มเป็นเส้นโค้ง และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ดังภาพ 12-13 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาข้อมูลอย่างคร่าว ๆ จากกราฟแล้ว ขั้นต่อไปเป็นการพิจารณาลักษณะข้อมูลโดยการวิเคราะห์การถดถอย

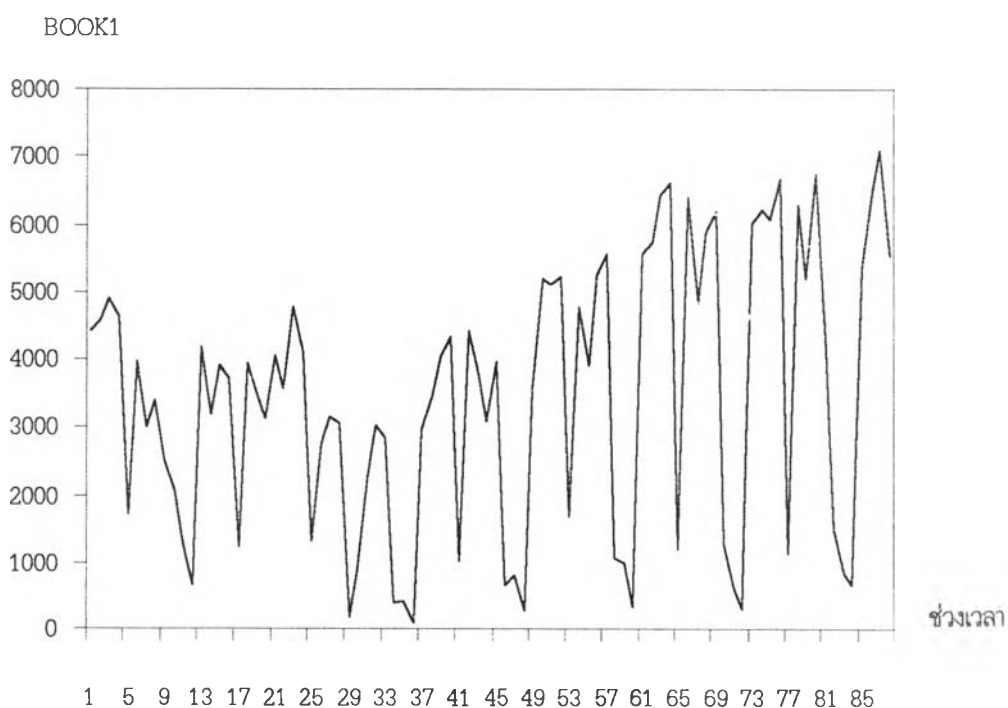
ตอนที่ 2.2 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการวิเคราะห์การถดถอย

การตรวจสอบในขั้นนี้ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรกเป็นการตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) หนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ตอนที่สอง เป็นการตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

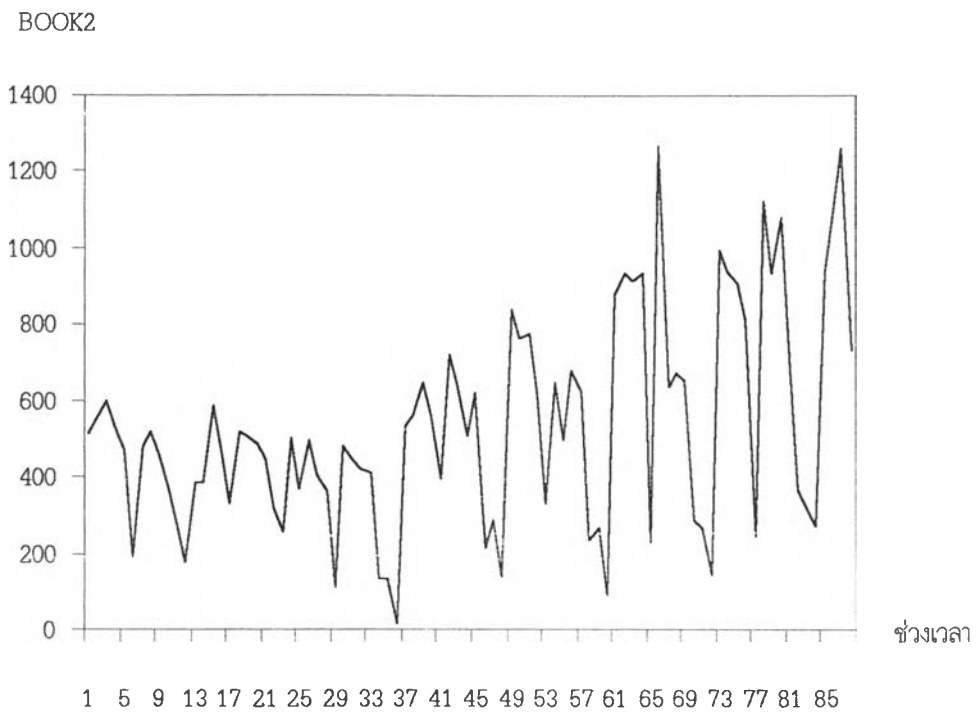
ตอนที่ 2.2.1 การตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) หนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 3 ชุดนี้ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน ผู้วิจัยจึงตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 3 ชุดนี้มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้ม และ/หรือการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ โดยตรวจสอบทั้งโมเดลบวก และโมเดลคูณ ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มหรือไม่ ขั้นที่สองตรวจสอบว่าข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ ได้ผลดังนี้

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีแนวโน้มเส้นตรงหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ

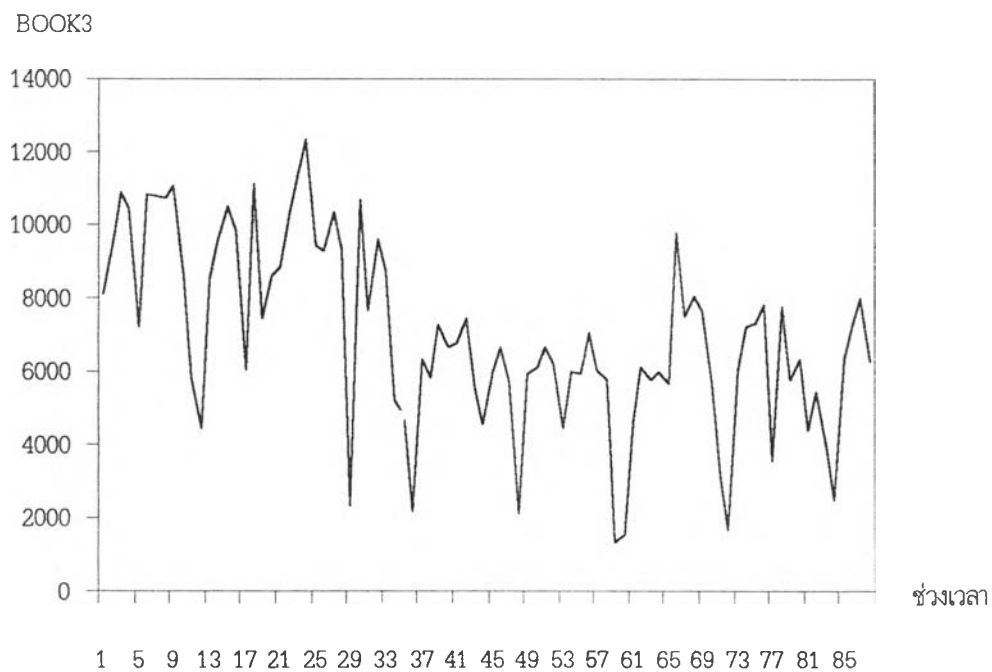
Partial t



ภาพ 9 ปริมาณ (เล่ม) การยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

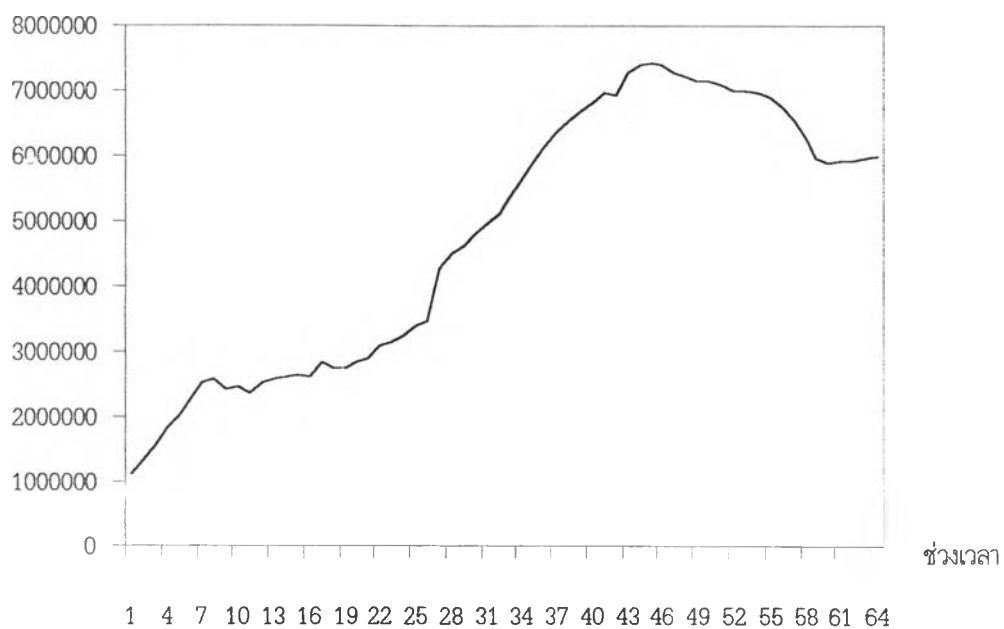


ภาพ 10 ปริมาณ (เล่ม) การยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)



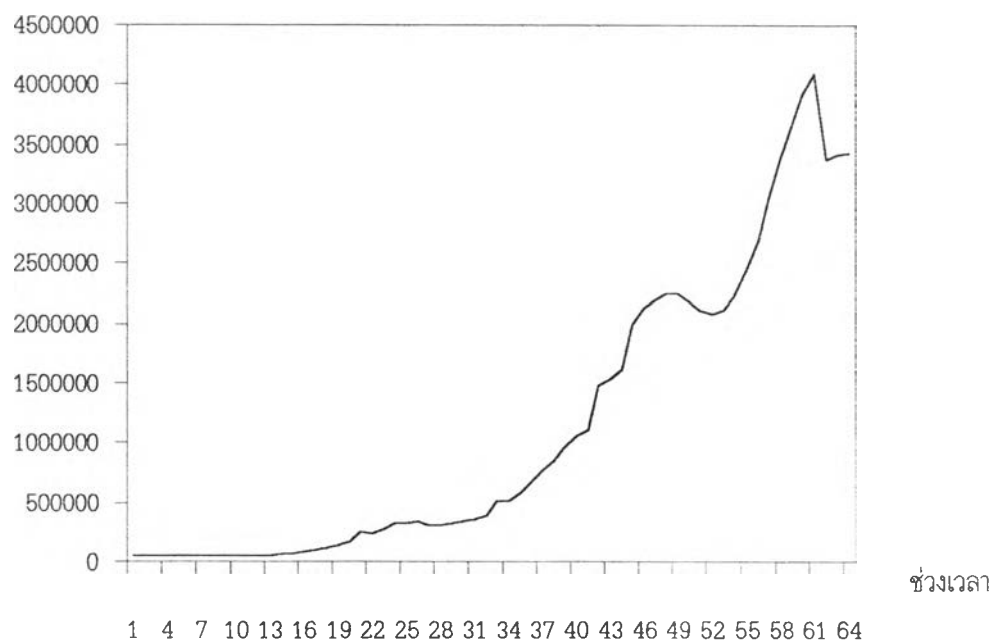
ภาพ 11 ปริมาณ (เล่ม) การยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

STUDENT1



ภาพ 12 จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

STUDENT2



ภาพ 13 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

จากผลการตรวจสอบในขั้นตอนที่ 1 ทั้งโมเดลแบบบวกและโมเดลแบบคูณ โดยผู้วิจัยพิจารณาเลือกโมเดลจากความมีนัยสำคัญทางสถิติเป็นอันดับแรก พบว่า สำหรับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก มีค่า $t = 4.211$ ($P = .000$) จากโมเดลแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลที่รวมตัวกันแบบบวก ($R^2 = .675$) และยอมรับสมมติฐานหลัก มีค่า $t = 1.659$ ($P = .101$) จากโมเดลแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลที่รวมตัวกันแบบคูณ ($R^2 = .675$) สำหรับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก มีค่า $t = 7.360$ ($P = .000$) จากโมเดลแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลที่รวมตัวกันแบบบวก ($R^2 = .713$) และปฏิเสธสมมติฐานหลัก มีค่า $t = 4.405$ ($P = .000$) จากโมเดลแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลที่รวมตัวกันแบบคูณ ($R^2 = .667$) แล้วเปรียบเทียบค่า R^2 สรุปได้ว่า ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) และหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มแบบเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสำหรับข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก มีค่า $t = 2.978$ ($P = .004$) จากโมเดลแนวโน้มเส้นโค้งและฤดูกาลที่รวมตัวกันแบบบวก ($R^2 = .652$) และปฏิเสธสมมติฐานหลัก มีค่า $t = -5.820$ ($P = .000$) จากโมเดลแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลที่รวมตัวกันแบบคูณ ($R^2 = .614$) เมื่อเปรียบเทียบค่า R^2 สรุปได้ว่า ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มแบบเส้นโค้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 รายละเอียดแสดงในตาราง 15 ผู้วิจัยจึงตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ ในขั้นที่ 2

ขั้นที่ 2 ตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่

จากการตรวจสอบโมเดลแนวโน้มและฤดูกาลแบบบวก พบว่า สำหรับข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) และหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีค่า $F = 12.419$ และ 12.517 ตามลำดับ และจากค่าวิกฤต $F_{01}(11,71) \approx 2.50$ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่า ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) และหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลแบบบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่โมเดลแบบบวกสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) และหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ได้ร้อยละ 67.5 และ 71.3 ($R^2 = .675$ และ $.713$ ตามลำดับ) ส่วนข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีค่า $F = 5.915$ และจากค่าวิกฤต $F_{01}(11,70) \approx 2.50$ ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่า ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มเส้นโค้งและฤดูกาลแบบบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยที่โมเดลแบบบวกสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ได้ร้อยละ 65.2 ($R^2 = .652$) รายละเอียดแสดงในตาราง 16 และตาราง 17

ตาราง 16 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มจากโมเดลแนวโน้มและฤดูกาลโดยใช้สถิติทดสอบ partial t

อนุกรมเวลา	โมเดลแบบบวก						โมเดลแบบคูณ		
	เส้นตรง			เส้นโค้ง			เส้นตรง		
	R ²	t	P	R ²	t	P	R ²	t	P
BOOK1	.675	4.211	.000**	.696	2.243	.028*	.675	1.659	.101
BOOK2	.713	7.360	.000**	.733	2.349	.022*	.667	4.405	.000**
BOOK3	.611	-7.324	.000**	.652	2.978	.004**	.614	-5.820	.000**

หมายเหตุ * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
 ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
 เส้นตรง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง
 เส้นโค้ง หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นโค้ง

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงฤดูกาลจากโมเดลแนวโน้มและฤดูกาลโดยใช้สถิติทดสอบ partial F

อนุกรมเวลา	แนวโน้มและฤดูกาล		แนวโน้ม	F
	SSR	MSE	SSR	
BOOK1	238,594,728	1,531,636.891	29,356,844	12.419**
BOOK2	4,285,927.4	25,932.049	1,255,424.8	12.517**
BOOK3	368,184,704	2,653,312.736	195,558,532.007	5.915**

หมายเหตุ แนวโน้มและฤดูกาล BOOK1 และ BOOK2 หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล
 แนวโน้มและฤดูกาล BOOK3 หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นโค้งและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล
 แนวโน้ม BOOK1 และ BOOK2 หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง
 แนวโน้ม BOOK3 หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นโค้ง

ตอนที่ 2.2.2 การตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ซึ่งเป็นข้อมูลรายปี ดังนั้นผู้วิจัยจึงตรวจสอบเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเพียงอย่างเดียว

จากการพล็อตกราฟข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ในตอนที่ 2.1 พบว่า ข้อมูลชุดนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นโค้ง ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อ

ตรวจสอบสมมติฐานว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มีแนวโน้มแบบเส้นโค้งหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Partial t

ผลการวิจัย พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก $t = -5.779$ ($P = .000$) แสดงว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มีแนวโน้มแบบเส้นโค้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยแนวโน้มแบบเส้นโค้งสามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาได้ร้อยละ 87.9 ($R^2 = .879$)

จากการพล็อตกราฟข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ในตอนที่ 2.1 พบว่า ข้อมูลชุดนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential) ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์การถดถอยเพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ Partial t

ผลการวิจัย พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก $t = 46.001$ ($P = .000$) แสดงว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล สามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาได้ร้อยละ 97.2 ($R^2 = .972$) ดังรายละเอียดในตาราง 18

ตาราง 18 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย

อนุกรมเวลา	แนวโน้ม	R^2	t	P
STUDENT1	เส้นโค้ง	.879	-5.779	.000**
STUDENT2	เอ็กซ์โปเนนเชียล	.972	46.001	.000**
หมายเหตุ	**	หมายถึง	ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01	
	แนวโน้ม	หมายถึง	การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม	

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนี เพื่อพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุดด้วยวิธีของเบย์ ผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนแรกเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) หนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ตอนที่สอง เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ในแต่ละตอนผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของวิธีของเบย์ ได้แก่ การกำหนดโมเดล กำหนดค่าเริ่มต้น คำนวณค่าภายหลัง และการนำโมเดลไปพยากรณ์ค่าในอนาคต ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ในแต่ละตอนมีรายละเอียด ดังนี้

ตอนที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

3.1.1 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

ขั้นที่ 1 การกำหนดโมเดล จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.1 พบว่า ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) มีแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลโดยมีการรวมตัวแบบบวก จากโมเดลแนวโน้มที่นิยมใช้ ได้แก่

$$\text{แนวโน้มเส้นตรง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบเส้นโค้ง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 t^2 + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบ exponential} \quad y_t = b_1 b_2^t \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มและฤดูกาล} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 \sin \frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos \frac{2\pi t}{12} + \varepsilon_t$$

ดังนั้นโมเดลที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ

$$y_t = b_1 + b_2 t + b_3 \sin \frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos \frac{2\pi t}{12} + \varepsilon_t$$

ขั้นที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ไปวิเคราะห์การถดถอยเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้น จากผลการวิเคราะห์กำหนดค่าเริ่มต้นได้ดังนี้

$$\mathbf{b}' = \begin{bmatrix} 35.924 \\ 0.522 \\ 8.509 \\ 14.899 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v}' = \begin{bmatrix} 52.500 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.266 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 25.271 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 21.829 \end{bmatrix}$$

$$\text{และ } \sigma_\varepsilon^2 = 535.112$$

ขั้นที่ 3 การคำนวณค่าภายหลัง ผู้วิจัยใช้วิธี least-square จากการคำนวณได้ค่าภายหลังดังนี้

$$\bar{\mathbf{b}}' = \begin{bmatrix} 35.926 \\ 0.552 \\ 8.509 \\ 14.899 \end{bmatrix}$$

ทำให้ได้สมการพยากรณ์ 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 $\tau = 1, 2, 3, \dots, 12$

ขั้นที่ 4 ผู้วิจัยนำสมการที่ได้ในขั้นที่ 3 มาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 12 ช่วงเวลาล่วงหน้า ดังตาราง 19

ตาราง 19 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์

เดือน	ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (ร้อยเล่ม)
ตุลาคม 2544	66.89
พฤศจิกายน 2544	65.16
ธันวาคม 2544	59.45
มกราคม 2545	51.43
กุมภาพันธ์ 2545	43.40
มีนาคม 2545	37.66
เมษายน 2545	35.88
พฤษภาคม 2545	38.70
มิถุนายน 2545	45.51
กรกฎาคม 2545	54.62
สิงหาคม 2545	63.76
กันยายน 2545	70.62

3.1.2 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

ขั้นที่ 1 การกำหนดโมเดล จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.1 พบว่า ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลโดยมีการรวมตัวแบบบวก จากโมเดลแนวโน้มที่นิยมใช้ได้แก่

$$\text{แนวโน้มเส้นตรง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบเส้นโค้ง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 t^2 + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบ exponential} \quad y_t = b_1 b_2^t \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มและฤดูกาล} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 \sin \frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos \frac{2\pi t}{12} + \varepsilon_t$$

ดังนั้นโมเดลที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ

$$y_t = b_1 + b_2 t + b_3 \sin \frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos \frac{2\pi t}{12} + \varepsilon_t$$

ขั้นที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ไปวิเคราะห์การถดถอยเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้น จากผลการวิเคราะห์ที่กำหนดค่าเริ่มต้นได้ดังนี้

$$\bar{\mathbf{b}}' = \begin{bmatrix} 5.364 \\ 0.134 \\ 1.019 \\ 2.056 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v}' = \begin{bmatrix} 1.077 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.006 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.519 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.449 \end{bmatrix}$$

$$\text{และ } \sigma_\varepsilon^2 = 10.991$$

ขั้นที่ 3 การคำนวณค่าภายหลัง ผู้วิจัยใช้วิธี least-square จากการคำนวณได้ค่าภายหลังดังนี้

$$\bar{\mathbf{b}}' = \begin{bmatrix} 5.364 \\ 0.134 \\ 1.019 \\ 2.056 \end{bmatrix}$$

ทำให้ได้สมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{Y}_{24+\tau} = M(24 + \tau) = 5.364 + 0.134(24 + \tau) + 1.019 \sin \left[\frac{2\pi(24 + \tau)}{12} \right] + 2.056 \cos \left[\frac{2\pi(24 + \tau)}{12} \right]$$

เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, \dots, 12$

ขั้นที่ 4 ผู้วิจัยนำสมการที่ได้ในขั้นที่ 3 มาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 12 ช่วงเวลาล่วงหน้า ดังตาราง 20

ตาราง 20 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์

เดือน	ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (ร้อยละ)
ตุลาคม 2544	11.00
พฤศจิกายน 2544	10.77
ธันวาคม 2544	10.02
มกราคม 2545	8.99
กุมภาพันธ์ 2545	7.99
มีนาคม 2545	7.34
เมษายน 2545	7.23
พฤษภาคม 2545	7.73
มิถุนายน 2545	8.75
กรกฎาคม 2545	10.04
สิงหาคม 2545	11.31
กันยายน 2545	12.23

3.1.3 ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

ขั้นที่ 1 การกำหนดโมเดล จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.1 พบว่า ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาล โดยมีการรวมตัวแบบบวก จากโมเดลแนวโน้มที่นิยมใช้ ได้แก่

$$\text{แนวโน้มเส้นตรง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบเส้นโค้ง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 t^2 + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบ exponential} \quad y_t = b_1 b_2^t \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มและฤดูกาล} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 \sin \frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos \frac{2\pi t}{12} + \varepsilon_t$$

ดังนั้นโมเดลที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ

$$y_t = b_1 + b_2 t + b_3 \sin \frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos \frac{2\pi t}{12} + \varepsilon_t$$

ขั้นที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ไปวิเคราะห์การถดถอยเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้น จากผลการวิเคราะห์กำหนดค่าเริ่มต้นได้ดังนี้

$$\bar{\mathbf{b}}' = \begin{bmatrix} 60.673 \\ -0.079 \\ 8.688 \\ 10.605 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v}' = \begin{bmatrix} 36.232 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.184 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 17.465 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -15.087 \end{bmatrix}$$

$$\text{และ } \sigma_{\varepsilon}^2 = 369.815$$

ขั้นที่ 3 การคำนวณค่าภายหลัง ผู้วิจัยใช้วิธี least-square จากการคำนวณได้ค่าภายหลังดังนี้

$$\bar{\mathbf{b}}' = \begin{bmatrix} 60.676 \\ -0.079 \\ 8.688 \\ 10.605 \end{bmatrix}$$

ทำให้ได้สมการพยากรณ์ คือ

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

เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, \dots, 12$

ขั้นที่ 4 ผู้วิจัยนำสมการที่ได้ในขั้นที่ 3 มาพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 12 ช่วงเวลาล่วงหน้า ดังตาราง 21

ตาราง 21 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์

เดือน	ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (ร้อยเล่ม)
ตุลาคม 2544	72.21
พฤศจิกายน 2544	71.48
ธันวาคม 2544	67.31
มกราคม 2545	60.79
กุมภาพันธ์ 2545	53.64
มีนาคม 2545	47.77
เมษายน 2545	44.72
พฤษภาคม 2545	45.28
มิถุนายน 2545	49.29
กรกฎาคม 2545	55.65

ตาราง 21 (ต่อ) ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์

เดือน		ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (ร้อยเล่ม)
สิงหาคม	2545	62.63
กันยายน	2545	68.35

ตอนที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

3.2.1 จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

ขั้นที่ 1 การกำหนดโมเดล จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.2 พบว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มีแนวโน้มแบบเส้นโค้ง จากโมเดลแนวโน้มที่นิยมใช้ ได้แก่

$$\text{แนวโน้มเส้นตรง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบเส้นโค้ง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 t^2 + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบ exponential} \quad y_t = b_1 b_2^t \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มและฤดูกาล} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 \sin \frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos \frac{2\pi t}{12} + \varepsilon_t$$

ดังนั้นโมเดลที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ

$$y_t = b_1 + b_2 t + b_3 t^2 + \varepsilon_t$$

ขั้นที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ไปวิเคราะห์การถดถอยเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้น จากผลการวิเคราะห์กำหนดค่าเริ่มต้นได้ดังนี้

$$\bar{\mathbf{b}}' = \begin{bmatrix} 67.559 \\ -0.459 \\ -0.004 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v}' = \begin{bmatrix} 0.147 & 0 & 0 \\ 0 & 0.023 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{และ } \sigma_\varepsilon^2 = 2.636$$

ขั้นที่ 3 การคำนวณค่าภายหลัง ผู้วิจัยใช้วิธี least-square จากการคำนวณได้ค่าภายหลังดังนี้

$$\bar{\mathbf{b}}' = \begin{bmatrix} 67.559 \\ -0.459 \\ -0.004 \end{bmatrix}$$

ทำให้ได้สมการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_{20+\tau} = M(20 + \tau) = 67.559 - 0.459(20 + \tau) - 0.004(20 + \tau)^2$
เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, 4, 5$

ขั้นที่ 4 ผู้วิจัยนำสมการที่ได้ในขั้นที่ 3 มาพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) 5 ช่วงเวลาล่วงหน้า ดังตาราง 22

ตาราง 22 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์

ปี	จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (แสนคน)
2544	57.83244
2545	57.36065
2546	56.88024
2547	56.39121
2548	55.89356

3.2.2 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

ขั้นที่ 1 การกำหนดโมเดล จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.2 พบว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล จากโมเดลแนวโน้มที่นิยมใช้ ได้แก่

$$\text{แนวโน้มเส้นตรง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบเส้นโค้ง} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 t^2 + \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มแบบ exponential} \quad y_t = b_1 b_2^t \varepsilon_t$$

$$\text{แนวโน้มและฤดูกาล} \quad y_t = b_1 + b_2 t + b_3 \sin \frac{2\pi t}{12} + b_4 \cos \frac{2\pi t}{12} + \varepsilon_t$$

ดังนั้นโมเดลที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ

$$y_t = b_1 b_2^t \varepsilon_t$$

ซึ่งแปลงให้เป็นโมเดลแบบบวก โดยการทาลอการิทึม ดังนี้

$$\ln y_t = (\ln b_1) + (\ln b_2) t + \ln \varepsilon_t$$

$$y_t = b_1 + b_2 t + \varepsilon_t$$

ขั้นที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น ผู้วิจัยนำข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ไปวิเคราะห์การถดถอยเพื่อกำหนดค่าเริ่มต้น จากผลการวิเคราะห์กำหนดค่าเริ่มต้นได้ดังนี้

$$\mathbf{b}' = \begin{bmatrix} 2.894 \\ 0.037 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{v}' = \begin{bmatrix} 0.00148 & 0 \\ 0 & 0.00001 \end{bmatrix}$$

$$\text{และ } \sigma_{\epsilon}^2 = 0.14$$

ขั้นที่ 3 การคำนวณค่าภายหลัง ผู้วิจัยใช้วิธี least-square จากการคำนวณได้ค่าภายหลังดังนี้

$$\bar{\mathbf{b}}' = \begin{bmatrix} 2.894 \\ 0.037 \end{bmatrix}$$

ทำให้ได้สมการพยากรณ์ คือ $\hat{Y}_{20+\tau} = M'(20 + \tau) = 2.894 + 0.037(20 + \tau)$

เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, 4, 5$

ขั้นที่ 4 ผู้วิจัยนำสมการที่ได้ในขั้นที่ 3 มาพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) 5 ช่วงเวลาล่วงหน้า ดังตาราง 23

ตาราง 23 ค่าพยากรณ์รวมจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีของเบย์

ปี	จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (แสนคน)
2544	39.46022
2545	40.95626
2546	42.50902
2547	44.12065
2548	45.79338

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ เพื่อพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุดด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนแรกเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) หนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ตอนที่สอง เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ในแต่ละตอนผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ได้แก่ การกำหนดโมเดล การประมาณค่าพารามิเตอร์ การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล และการนำโมเดลที่เหมาะสมไปพยากรณ์ค่าในอนาคต ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ในแต่ละตอนมีรายละเอียด ดังนี้

ตอนที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

จากผลการวิเคราะห์ตอนที่ 2 พบว่า ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) หนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล จึงทำการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ต่อไปดังนี้

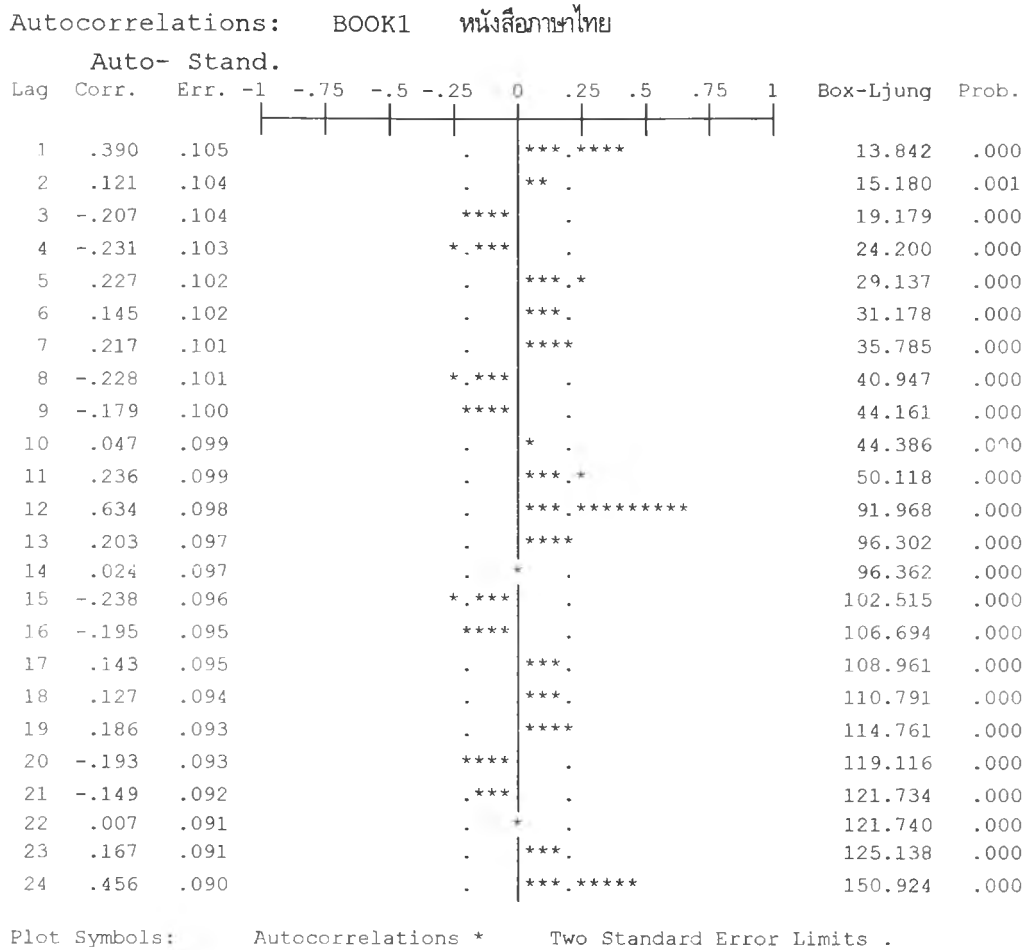
4.1.1 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำคำสั่งเกิดปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ในตาราง 44 (ภาคผนวก ข) มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่า ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ หรือคอเรลโลแกรม มีค่าลดลงอย่างช้า ๆ แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นอนุกรมเวลาไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตาราง 16-17 ตามหลักการวิเคราะห์ ผู้วิจัยต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่ โดยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ดังนั้นจึงหาอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ($d = 1, D = 1$) $Z_t = (1-B)^2(1-B^{12})y_t = (1-B)^2(1-B^{12})(y_t - y_{t-1} - y_{t-12} + y_{t-13})$ แล้วหาค่าคอเรลโลแกรมของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) ซึ่งมีค่าลดลงเข้าหา 0 เร็ว แสดงว่าอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) เป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ ขั้นต่อไป จึงกำหนดโมเดลให้กับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) จากคอเรลโลแกรมของค่า r_k และ r_{kk} สำหรับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) พบว่า $r_1, r_{12}, r_{1,1}$ และ $r_{12,12}$ มีค่าสูง เมื่อพิจารณาโมเดล ARMA(p,q) น่าจะเป็น AR(1) และ MA(1) และเมื่อพิจารณาโมเดล SARMA(P,Q)_L น่าจะเป็น SAR(1)₁₂ และ SMA(1)₁₂ ดังนั้นโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) คือ AR(1)×SAR(1)₁₂, AR(1)×SMA(1)₁₂, MA(1)×SAR(1)₁₂ และ MA(1)×SMA(1)₁₂ หรือโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดของอนุกรมเวลาเดิม (y_t) คือ ARI(1,1)×SARI(1,1)₁₂, ARI(1,1)×SIMA(1,1)₁₂, IMA(1,1)×SARI(1,1)₁₂, IMA(1,1)×SIMA(1,1)₁₂

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

จาก 4 โมเดลในที่นี่จะกล่าวถึงเฉพาะโมเดลสำหรับอนุกรมเวลาใหม่เป็น MA(1)×SAR(1)₁₂ คือ $Z_t = \phi_{12}Z_{t-12} + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1}$ โมเดลไม่มีค่า θ_0 เพราะ θ_0 เป็นฟังก์ชันของ μ ของ Z_t ซึ่งประมาณได้ด้วยค่า 0 ดังนั้นจากโมเดลนี้จะทำการหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ ϕ_{12} และ θ_1 ซึ่งได้ $\hat{\phi}_{12} = -.4812$ และ $\hat{\theta}_1 = .5355$ ทำให้ได้สมการพยากรณ์ในรูปอนุกรมเวลาใหม่ คือ

$$\hat{Z}_t = -.4812Z_{t-12} + e_t - .5355e_{t-1}$$



ภาพ 14 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล

จากโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ ทำการทดสอบพารามิเตอร์ ด้วยการทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนด $H_0 : \theta_1 = 0$ หรือโมเดล $SAR(1)_{12}$ เหมาะสม กับ $H_a : \theta_1 \neq 0$ หรือโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ เหมาะสม มีค่า $t = 5.3518$ ($P = .000$) และกำหนด $H_0 : \phi_{12} = 0$ หรือโมเดล $MA(1)$ เหมาะสม กับ $H_a : \phi_{12} \neq 0$ หรือโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ เหมาะสม มีค่า $t = -4.7721$ ($P = .000$) ตามลำดับ พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสอง การทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่า $s_e^2 = 149.6$ เมื่อทำ autocorrelation check โดยพิจารณาคอเรลโลแกรมของ $r_k(e_t)$ พบว่า มีค่าเข้าใกล้ 0 สำหรับค่า k ต่าง ๆ และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square Statistics เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{10}(e_t) = 0$$

$$H_a : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ } 0 \text{ สำหรับ } k = 1, 2, \dots, 10$$

Autocorrelations: BOOK1 หนังสือภาษาไทย

Transformations: difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	-.275	.113					*****	.				5.897	.015
2	-.168	.112					***	.				8.125	.017
3	.001	.112					*	.				8.125	.043
4	-.161	.111					***	.				10.233	.037
5	.357	.110					***	***				20.754	.001
6	-.124	.109					**	.				22.041	.001
7	-.199	.109					****	.				25.395	.001
8	.048	.108					*	.				25.596	.001
9	-.031	.107					*	.				25.678	.002
10	.127	.106					***	.				27.108	.003
11	.129	.105					***	.				28.608	.003
12	-.380	.104					****	***				41.853	.000
13	.096	.104					.	**	.			42.708	.000
14	.130	.103					.	***	.			44.298	.000
15	-.164	.102					.	***	.			46.898	.000
16	.197	.101					.	****	.			50.703	.000
17	-.216	.100					.	****	.			55.349	.000
18	.039	.099					.	*	.			55.503	.000
19	.269	.098					.	***	*			62.992	.000
20	-.171	.098					.	***	.			66.080	.000
21	.092	.097					.	**	.			66.989	.000
22	-.094	.096					.	**	.			67.960	.000
23	-.043	.095					.	*	.			68.162	.000
24	.180	.094					.	****	.			71.818	.000

Partial Autocorrelations: BOOK1 หนังสือภาษาไทย

Transformations: difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	-.275	.115					*****	.			
2	-.263	.115					*****	.			
3	-.151	.115					***	.			
4	-.303	.115					*.*****	.			
5	.209	.115					.	****	.		
6	-.038	.115					.	*	.		
7	-.167	.115					.	***	.		
8	-.125	.115					.	***	.		
9	-.079	.115					.	**	.		
10	-.071	.115					.	*	.		
11	.170	.115					.	***	.		
12	-.272	.115					.	*****	.		
13	-.080	.115					.	**	.		
14	.004	.115					.	*	.		
15	-.255	.115					.	*****	.		
16	-.060	.115					.	*	.		
17	-.074	.115					.	*	.		
18	-.106	.115					.	**	.		
19	.118	.115					.	**	.		
20	.011	.115					.	*	.		
21	-.005	.115					.	*	.		
22	.010	.115					.	*	.		
23	.049	.115					.	*	.		
24	-.067	.115					.	*	.		

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 88 Computable first lags after differencing: 74

ภาพ 15 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของผลต่างและผลต่างฤดูกาล

ลำดับที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

ผลการทดสอบ พบว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก มีค่า $\alpha'_0 = 13.396$ ($p = .202$) แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน และจากการทดสอบในลักษณะเดียวกันอีก 3 โมเดล คือ $AR(1) \times SAR(1)_{12}$, $AR(1) \times SMA(1)_{12}$ และ $MA(1) \times SMA(1)_{12}$ พบว่า มีค่า $s^2_e = 159.1, 170.5$ และ 158.1 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ ที่มีค่า $s^2_e = 149.6$ จึงสรุปว่าโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ ที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

นอกจากนี้แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับอนุกรมเวลาใหม่นี้ อีก 2 โมเดล คือ $MA(2) \times SAR(1)_{12}$ และ $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$ โดยการทดสอบตามขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 พบว่า โมเดลมีความเหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้ทั้งสองโมเดล ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบค่า s^2_e ของทั้งสามโมเดล คือ $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$, $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ และ $MA(2) \times SAR(1)_{12}$ มีค่า $s^2_e = 140.5, 149.6$ และ 143.6 ตามลำดับ จะเห็นว่าโมเดล $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$ มีค่า s^2_e ต่ำกว่าทุกโมเดล ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกโมเดล $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$ นำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลต่อไป โดยมีรายละเอียดการประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ดังนี้

เมื่อโมเดลสำหรับอนุกรมเวลาใหม่เป็น $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$ คือ $Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \phi_{12} Z_{t-12} - \phi_1 \phi_{12} Z_{t-13} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$ โมเดลไม่มีค่า θ_0 เพราะ θ_0 เป็นฟังก์ชันของ μ ของ Z_t ซึ่งประมาณได้ด้วยค่า 0 ดังนั้นจากโมเดลนี้จะทำการหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ ϕ_1, ϕ_{12} และ θ_1 ซึ่งได้ $\hat{\phi}_1 = .4252, \hat{\phi}_{12} = -.4799$ และ $\hat{\theta}_1 = .8851$ ทำให้ได้สมการพยากรณ์ในรูปอนุกรมเวลาใหม่ คือ $\hat{Z}_t = .4252Z_{t-1} - .4799Z_{t-12} - .2041Z_{t-13} + e_t - .8851e_{t-1}$

จากโมเดล $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$ ทำการทดสอบพารามิเตอร์ โดยกำหนด $H_0 : \phi_1 = 0$ หรือโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ เหมาะสม กับ $H_a : \phi_1 \neq 0$ หรือโมเดล $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$ เหมาะสม มีค่า $t = 2.9521$ ($P = .004$) กำหนด $H_0 : \theta_1 = 0$ หรือโมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$ เหมาะสม กับ $H_a : \theta_1 \neq 0$ หรือโมเดล $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$ เหมาะสม มีค่า $t = 10.1078$ ($P = .000$) และกำหนด $H_0 : \phi_{12} = 0$ หรือโมเดล $ARMA(1,1)$ เหมาะสม กับ $H_a : \phi_{12} \neq 0$ หรือโมเดล $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$ เหมาะสม มีค่า $t = -4.7312$ ($P = .000$) ตามลำดับ พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสามการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 และมีค่า $s^2_e = 140.5$ เมื่อทำ autocorrelation check โดยพิจารณาคอเรลโลแกรมของ $r_k(e_t)$ พบว่า มีค่าเข้าใกล้ 0 สำหรับค่า k ต่าง ๆ และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square Statistics เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_1 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{10}(e_t) = 0$$

$$H_a : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ } 0 \text{ สำหรับ } k = 1, 2, \dots, 10$$

ผลการทดสอบ พบว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก มีค่า $\alpha'_0 = 8.911$ ($P = .541$) แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน จากการทดสอบทั้งหมด จึงสรุปว่าโมเดล $ARMA(1,1) \times SAR(1)_{12}$ ที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

ขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต

ผู้วิจัยนำโมเดล ARIMA(1,1,1)×SARI(1,1)₁₂ ที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีเหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 12 ช่วงเวลาล่วงหน้าจากสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_t = 1.4252y_{t-1} - 4252y_{t-2} + 5201y_{t-12} + 1494y_{t-13} - 6293y_{t-14} + 4799y_{t-24} + 2751y_{t-25} - 2041y_{t-26} + e_t - 8851e_{t-1}$$

สำหรับ $t \geq 89$

เมื่อ y_t คือ ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ดังตาราง 24

ตาราง 24 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

เดือน	ปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (ร้อยเล่ม)
ตุลาคม 2544	7.32
พฤศจิกายน 2544	62.02
ธันวาคม 2544	50.09
มกราคม 2545	63.78
กุมภาพันธ์ 2545	51.95
มีนาคม 2545	14.72
เมษายน 2545	8.01
พฤษภาคม 2545	5.65
มิถุนายน 2545	57.50
กรกฎาคม 2545	64.28
สิงหาคม 2545	66.84
กันยายน 2545	61.53

4.1.2 ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ในตาราง 45 (ภาคผนวก ข) มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์ (r_k) พบว่า ลักษณะของฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์ หรือคอเรลโลแกรมมีค่าลดลงอย่างช้า ๆ แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นอนุกรมเวลาไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตาราง 16-17 ตามหลักการวิเคราะห์ ผู้วิจัยต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่ โดยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ดังนั้นจึงหาอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ($d = 1, D = 1$) $Z_t = (1-B)^2(1-B^4)y_t = (1-B)^2(y_t - y_{t-1}) = y_t - y_{t-1} - y_{t-12} + y_{t-13}$ แล้วหาค่าคอเรลโลแกรมของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) ซึ่งมีค่าลดลง

เข้าหา 0 เร็ว แสดงว่าอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) เป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ ขึ้นต่อไป จึงกำหนดโมเดลให้กับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) จากคอเรลโลแกรมของค่า r_k และ r_{kk} สำหรับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) พบว่า r_1 และ $r_{1,1}$ เมื่อพิจารณาโมเดล ARMA(p,q) น่าจะเป็น AR(1) และ MA(1) ดังนั้นโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) คือ AR(1) และ MA(1) หรือโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดของอนุกรมเวลาเดิม (y_t) คือ $ARI(1,1) \times SI(1)_{12}$ และ $IMA(1,1) \times SI(1)_{12}$

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

จาก 2 โมเดลในที่น่าจะกล่าวถึงเฉพาะโมเดล MA(1) เท่านั้น มีโมเดล คือ $Z_t = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1}$ โมเดลไม่มีค่า θ_0 เพราะ θ_0 เป็นฟังก์ชันของ μ ของ Z_t ซึ่งประมาณได้ด้วยค่า 0 ดังนั้นจากโมเดลนี้จะทำการหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ θ_1 ซึ่งได้ $\hat{\theta}_1 = .7850$ ทำให้ได้สมการพยากรณ์ในรูปอนุกรมเวลาใหม่ คือ $\hat{Z}_t = \epsilon_t - .7850\epsilon_{t-1}$

Autocorrelations: BOOK2 หนังสือภาษาอังกฤษ

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	.405	.105					***.****					14.923	.000
2	.221	.104					****					19.412	.000
3	-.101	.104				**	.					20.355	.000
4	-.111	.103				**	.					21.508	.000
5	.249	.102				.	***.*					27.432	.000
6	.160	.102				.	***.					29.905	.000
7	.316	.101				.	***.**					39.651	.000
8	-.056	.101				*	.					39.964	.000
9	-.042	.100				*	.					40.138	.000
10	.103	.099				.	**.					41.208	.000
11	.256	.099				.	***.*					47.932	.000
12	.642	.098				.	***.*****					90.848	.000
13	.255	.097				.	***.*					97.688	.000
14	.119	.097				.	**.					99.199	.000
15	-.124	.096				**	.					100.864	.000
16	-.106	.095				**	.					102.094	.000
17	.166	.095				.	***.					105.174	.000
18	.054	.094				.	*.					105.506	.000
19	.170	.093				.	***.					108.829	.000
20	-.124	.093				**	.					110.619	.000
21	-.036	.092				*	.					110.774	.000
22	.058	.091				.	*.					111.184	.000
23	.238	.091				.	***.*					118.087	.000
24	.448	.090				.	***.****					142.966	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .

Total cases: 88 Computable first lags: 87

ภาพ 16 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

Autocorrelations: BOOK2 หนังสือภาษาอังกฤษ
 Transformations: difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.								Box-Ljung	Prob.
1	-.529	.113	*****	*****						21.801	.000
2	.163	.112			*	*				23.901	.000
3	-.113	.112			**	*				24.932	.000
4	.033	.111			*	*				25.021	.000
5	-.114	.110			**	*				26.085	.000
6	.032	.109			*	*				26.174	.000
7	.106	.109			*	**				27.124	.000
8	.033	.108			*	*				27.219	.001
9	-.088	.107			**	*				27.895	.001
10	.004	.106			*	*				27.896	.002
11	.025	.105			*	*				27.954	.003
12	-.208	.104			****	*				31.904	.001
13	.154	.104			*	***				34.102	.001
14	-.015	.103			*	*				34.124	.002
15	.002	.102			*	*				34.124	.003
16	-.061	.101			*	*				34.492	.005
17	.165	.100			*	***				37.214	.003
18	-.165	.099			***	*				39.969	.002
19	.143	.098			*	***				42.069	.002
20	-.175	.098			****	*				45.288	.001
21	.216	.097			*	****				50.271	.000
22	-.216	.096			****	*				55.378	.000
23	.152	.095			*	***				57.937	.000
24	-.009	.094			*	*				57.946	.000

Partial Autocorrelations: BOOK2 หนังสือภาษาอังกฤษ
 Transformations: difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.									
1	-.529	.115	*****	*****							
2	-.162	.115			*	*					
3	-.141	.115			*	*					
4	-.106	.115			*	*					
5	-.213	.115			****	*					
6	-.210	.115			****	*					
7	.015	.115			*	*					
8	.154	.115			*	***					
9	.008	.115			*	*					
10	-.080	.115			*	**					
11	.010	.115			*	*					
12	-.237	.115			****	*					
13	-.143	.115			*	***					
14	-.074	.115			*	*					
15	-.149	.115			*	***					
16	-.242	.115			****	*					
17	-.001	.115			*	*					
18	-.086	.115			*	**					
19	.104	.115			*	**					
20	-.058	.115			*	*					
21	.049	.115			*	*					
22	-.101	.115			*	**					
23	-.026	.115			*	*					
24	-.012	.115			*	*					

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits
 Total cases: 88 Computable first lags after differencing: 74

ภาพ 17 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของผลต่างและผลต่างฤดูกาล

ลำดับที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล

จากโมเดล MA(1) ทำการทดสอบพารามิเตอร์ โดยกำหนด $H_0 : \theta_1 = 0$ หรือโมเดล MA(1) ไม่เหมาะสม กับ $H_a : \theta_1 \neq 0$ หรือโมเดล MA(1) เหมาะสม มีค่า $t = 10.5808$ ($P = .000$) พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่า $s^2 = 2.92$ เมื่อทำ autocorrelation check โดยพิจารณาคอเรลโลแกรมของ $r_k(e_t)$ พบว่า มีค่าเข้าใกล้ 0 สำหรับค่า k ต่าง ๆ และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square Statistics เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{10}(e_t) = 0$$

$$H_a : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ } 0 \text{ สำหรับ } k = 1, 2, \dots, 10$$

ผลการทดสอบ พบว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก มีค่า $\alpha'_{10} = 8.640$ ($P = .567$) แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน และจากการทดสอบโมเดล AR(1) ในลักษณะเดียวกัน พบว่า มีค่า $s^2 = 3.20$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าโมเดล MA(1) ที่มีค่า $s^2 = 2.92$ จึงสรุปว่าโมเดล MA(1) ที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

นอกจากนี้แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับอนุกรมเวลาใหม่นี้อีก คือ MA(2) พบว่า โมเดล MA(2) ยอมรับสมมติฐานหลัก $t = .5262$ ($P = .600$) และมีค่า $s^2 = 2.93$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าโมเดล MA(1) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกโมเดล MA(1) นำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต

ผู้วิจัยนำโมเดล IMA(1,1)×SI(1)₁₂ ที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด มาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 12 ช่วงเวลาล่วงหน้าจากสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_t = y_{t-1} + y_{t-12} - y_{t-13} + e_t - .7850e_{t-1} \text{ สำหรับ } t \geq 89$$

เมื่อ y_t คือ ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)
 e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ดังตาราง 25

ตาราง 25 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 12 เดือนล่วงหน้า ด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

เดือน	ปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (ร้อยเล่ม)	
ตุลาคม 2544	2544	3.44
พฤศจิกายน 2544	2544	12.17
ธันวาคม 2544	2544	10.34
มกราคม 2545	2545	11.77
กุมภาพันธ์ 2545	2545	8.07
มีนาคม 2545	2545	4.64
เมษายน 2545	2545	4.12
พฤษภาคม 2545	2545	3.71
มิถุนายน 2545	2545	10.40
กรกฎาคม 2545	2545	11.98
สิงหาคม 2545	2545	13.60
กันยายน 2545	2545	8.28

4.1.3 ปริมาณการยืมหนังสือวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ในตาราง 46 (ภาคผนวก ข) มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่า ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ หรือคอเรลโลแกรมมีค่าลดลงอย่างช้า ๆ แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นอนุกรมเวลาไม่คงที่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตาราง 16-17 ตามหลักการวิเคราะห์ ผู้วิจัยต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่ โดยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ดังนั้นจึงหาอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ($d = 1, D = 1$) $Z_t = (1-B^{12})(1-B)y_t = (1-B^{12})(y_t - y_{t-1}) = y_t - y_{t-1} - y_{t-12} + y_{t-13}$ แล้วหาค่าคอเรลโลแกรมของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) ซึ่งมีค่าลดลงเข้าหา 0 เร็ว แสดงว่าอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) เป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ ขั้นต่อไป จึงกำหนดโมเดลให้กับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) จากคอเรลโลแกรมของค่า r_k และ r_{12k} สำหรับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) พบว่า r_1, r_{12}, r_{11} และ $r_{12,12}$ มีค่าสูง เมื่อพิจารณาโมเดล ARMA(p,q) น่าจะเป็น AR(1) และ MA(1) และเมื่อพิจารณาโมเดล SARMA(P,Q)₁₂ น่าจะเป็น SAR(1)₁₂ และ SMA(1)₁₂ ดังนั้นโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) คือ AR(1)×SAR(1)₁₂, AR(1)×SMA(1)₁₂, MA(1)×SAR(1)₁₂ และ MA(1)×SMA(1)₁₂ หรือโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้

มากที่สุดของอนุกรมเวลาเดิม (y_t) คือ $ARI(1,1) \times SARI(1,1)_{12}$, $ARI(1,1) \times SIMA(1,1)_{12}$, $IMA(1,1) \times SARI(1,1)_{12}$, $IMA(1,1) \times SIMA(1,1)_{12}$

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

จาก 4 โมเดลในที่นี่จะกล่าวถึงเฉพาะโมเดลสำหรับอนุกรมเวลาใหม่เป็น $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ คือ $Z_t = \phi_{12}Z_{t-12} + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1}$ โมเดลไม่มีค่า θ_0 เพราะ θ_0 เป็นฟังก์ชันของ μ ของ Z_t ซึ่งประมาณได้ด้วยค่า 0 ดังนั้นจากโมเดลนี้จะทำการหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ ϕ_{12} และ θ_1 ซึ่งได้ $\hat{\phi}_{12} = -.6619$ และ $\hat{\theta}_1 = .6686$ ทำให้ได้สมการพยากรณ์ในรูปอนุกรมเวลาใหม่ คือ $\hat{Z}_t = -.6619Z_{t-12} + \varepsilon_t - .6686\varepsilon_{t-1}$

Autocorrelations: BOOK3 วิทยานิพนธ์

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.								Box-Ljung	Prob.
1	.529	.105								25.514	.000
2	.408	.104								40.847	.000
3	.241	.104								46.252	.000
4	.239	.103								51.636	.000
5	.312	.102								60.928	.000
6	.279	.102								68.471	.000
7	.330	.101								79.110	.000
8	.229	.101								84.303	.000
9	.245	.100								90.302	.000
10	.237	.099								95.999	.000
11	.227	.099								101.294	.000
12	.404	.098								118.337	.000
13	.174	.097								121.534	.000
14	.168	.097								124.566	.000
15	.137	.096								126.613	.000
16	.139	.095								128.737	.000
17	.246	.095								135.486	.000
18	.146	.094								137.887	.000
19	.204	.093								142.666	.000
20	.055	.093								143.021	.000
21	.062	.092								143.478	.000
22	.081	.091								144.259	.000
23	.164	.091								147.524	.000
24	.282	.090								157.397	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 88 Computable first lags: 87

ภาพ 18 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล

จากโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ ทำการทดสอบพารามิเตอร์ โดยกำหนด $H_0 : \theta_1 = 0$ หรือโมเดล $SAR(1)_{12}$ เหมาะสม กับ $H_a : \theta_1 \neq 0$ หรือโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ เหมาะสม มีค่า $t = 7.9497$ ($P = .000$) และกำหนด $H_0 : \phi_{12} = 0$ หรือโมเดล $MA(1)$ เหมาะสม กับ $H_a : \phi_{12} \neq 0$ หรือโมเดล

Autocorrelations: BOOK3 วิทยาลัยพนธ์

Transformations: difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.							Box-Ljung	Prob.
1	-.235	.113							4.306	.038
2	.048	.112				*			4.487	.106
3	-.323	.112			**	****			12.838	.005
4	.070	.111			.	*			13.236	.010
5	-.176	.110				****			15.796	.007
6	.108	.109			.	**			16.767	.010
7	-.121	.109			.	**			18.012	.012
8	.107	.108			.	**			19.004	.015
9	.202	.107			.	****			22.574	.007
10	.056	.106			.	*			22.856	.011
11	.012	.105			.	*			22.868	.018
12	-.443	.104			****	****			40.891	.000
13	.024	.104			.	*			40.945	.000
14	.011	.103			.	*			40.955	.000
15	-.185	.102			.	****			44.238	.000
16	-.129	.101			.	***			45.879	.000
17	.235	.100			.	***	*		51.359	.000
18	-.157	.099			.	***			53.850	.000
19	.209	.098			.	****			58.373	.000
20	-.167	.098			.	***			61.305	.000
21	-.018	.097			.	*			61.340	.000
22	-.195	.096			.	****			65.493	.000
23	.274	.095			.	***	*		73.817	.000
24	-.111	.094			.	**			75.215	.000

Partial Autocorrelations: BOOK3 วิทยาลัยพนธ์

Transformations: difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.								
1	-.235	.115								
2	-.008	.115				*				
3	-.331	.115			**	****				
4	-.096	.115			.	**				
5	-.232	.115				****				
6	-.127	.115			.	***				
7	-.215	.115			.	****				
8	-.151	.115			.	***				
9	.189	.115			.	****				
10	.078	.115			.	**				
11	.159	.115			.	***				
12	-.374	.115			**	****				
13	-.173	.115			.	***				
14	-.014	.115			.	*				
15	-.062	.115			.	*				
16	-.153	.115			.	***				
17	.021	.115			.	*				
18	-.145	.115			.	***				
19	-.010	.115			.	*				
20	-.048	.115			.	*				
21	.044	.115			.	*				
22	-.031	.115			.	*				
23	.224	.115			.	****				
24	-.212	.115			.	****				

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits

Total cases: 88 Computable first lags after differencing: 74

ภาพ 19 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของผลต่างและผลต่างฤดูกาล

ลำดับที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยาลัยพนธ์ (BOOK3)

MA(1)×SAR(1)₁₂ เหมาะสม มีค่า $t = -8.2604$ ($P = .000$) ตามลำดับ พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสอง การทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่า $s_e^2 = 359.7$ เมื่อทำ autocorrelation check โดยพิจารณาออเรลโลแกรมของ $r_k(e_t)$ พบว่า มีค่าเข้าใกล้ 0 สำหรับค่า k ต่าง ๆ และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square Statistics เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{10}(e_t) = 0$$

$$H_a : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ } 0 \text{ สำหรับ } k = 1, 2, \dots, 10$$

ผลการทดสอบ พบว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก มีค่า $\alpha'_0 = 16.212$ ($P = .094$) แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน และจากการทดสอบในลักษณะเดียวกันอีก 3 โมเดล คือ AR(1)×SAR(1)₁₂, AR(1)×SMA(1)₁₂ และ MA(1)×SMA(1)₁₂ พบว่า มีค่า $s_e^2 = 383.4, 370.3$ และ 362.7 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าโมเดล MA(1)×SAR(1)₁₂ ที่มีค่า $s_e^2 = 359.7$ จึงสรุปว่าโมเดล MA(1)×SAR(1)₁₂ ที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

นอกจากนี้แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับอนุกรมเวลาใหม่นี้อีก 2 โมเดล คือ MA(2)×SAR(1)₁₂ และ MA(1)×SAR(2)₁₂ โดยการทดสอบตามขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 พบว่า โมเดล MA(1)×SAR(2)₁₂ มีความเหมาะสมกับข้อมูลเพียงโมเดลเดียว โดยมีค่า $s_e^2 = 314.1$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโมเดล MA(1)×SAR(1)₁₂ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกโมเดล MA(1)×SAR(2)₁₂ นำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลต่อไป โดยมีรายละเอียดการประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ดังนี้

เมื่อโมเดลสำหรับอนุกรมเวลาใหม่เป็น MA(1)×SAR(2)₁₂ คือ $Z_t = \phi_{12}Z_{t-12} - \phi_{24}Z_{t-24} + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1}$ โมเดลไม่มีค่า θ_0 เพราะ θ_0 เป็นฟังก์ชันของ μ ของ Z_t ซึ่งประมาณได้ด้วยค่า 0 ดังนั้นจากโมเดลนี้จะทำการหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ θ_1, ϕ_{12} , และ ϕ_{24} ซึ่งได้ $\hat{\theta}_1 = .5689, \hat{\phi}_{12} = -.8657$ และ $\hat{\phi}_{24} = -.3869$ ทำให้ได้สมการพยากรณ์ในรูปอนุกรมเวลาใหม่ คือ $\hat{Z}_t = -.8657Z_{t-12} + .3869Z_{t-24} + e_t - .5689e_{t-1}$

จากโมเดล MA(2)×SAR(1)₁₂ ทำการทดสอบพารามิเตอร์ โดยกำหนด $H_0 : \theta_1 = 0$ หรือโมเดล SAR(2)₁₂ เหมาะสม กับ $H_a : \theta_1 \neq 0$ หรือโมเดล MA(1)×SAR(2)₁₂ เหมาะสม มีค่า $t = 6.1323$ ($P = .000$) กำหนด $H_0 : \phi_{12} = 0$ หรือโมเดล MA(1)×SAR(1)₁₂ เหมาะสม กับ $H_a : \phi_{12} \neq 0$ หรือโมเดล MA(1)×SAR(2)₁₂ เหมาะสม มีค่า $t = -7.9196$ ($P = .000$) และกำหนด $H_0 : \phi_{24} = 0$ หรือโมเดล MA(1)×SAR(1)₁₂ เหมาะสม กับ $H_a : \phi_{24} \neq 0$ หรือโมเดล MA(1)×SAR(2)₁₂ เหมาะสม มีค่า $t = -3.6755$ ($P = .000$) ตามลำดับ พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสามการทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่า $s_e^2 = 314.1$ เมื่อทำ autocorrelation check โดยพิจารณาออเรลโลแกรมของ $r_k(e_t)$ พบว่า มีค่าเข้าใกล้ 0 สำหรับค่า k ต่าง ๆ และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square Statistics เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{10}(e_t) = 0$$

$H_a : \rho_k(e_t)$ อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ $k = 1, 2, \dots, 10$

ผลการทดสอบ พบว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก มีค่า $\alpha'_{10} = 14.114$ ($P = .168$) แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน จากการทดสอบทั้งหมด จึงสรุปว่าโมเดล $MA(1) \times SAR(2)_{12}$ ที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

ขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต

ผู้วิจัยนำโมเดล $IMA(1,1) \times SARI(2,1)_{12}$ ที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด มาพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 12 ช่วงเวลาล่วงหน้าจากสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_t = y_{t-1} + .1343 y_{t-12} - .1343 y_{t-13} + 1.2526 y_{t-24} - 1.2526 y_{t-25} - .3869 y_{t-26} + .3869 y_{t-27} + e_t - .5689 e_{t-1}$$

สำหรับ $t \geq 89$

เมื่อ y_t คือ ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ดังตาราง 26

ตาราง 26 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

เดือน		ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (ร้อยเล่ม)
ตุลาคม	2544	45.62
พฤศจิกายน	2544	86.77
ธันวาคม	2544	72.97
มกราคม	2545	80.53
กุมภาพันธ์	2545	72.32
มีนาคม	2545	62.95
เมษายน	2545	31.64
พฤษภาคม	2545	23.59
มิถุนายน	2545	61.54
กรกฎาคม	2545	74.17
สิงหาคม	2545	74.56
กันยายน	2545	75.30

ตอนที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

4.2.1 จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำคำสั่งเกณฑ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ในตาราง 47 (ภาคผนวก ข) มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่า ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ หรือคอเรลโลแกรมมีค่าลดลงอย่างช้า ๆ แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นอนุกรมเวลาไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตาราง 18 ตามหลักการวิเคราะห์ ผู้วิจัยต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่ โดยการหาผลต่าง ดังนั้นจึงหาอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) โดยการหาผลต่างลำดับที่ 2 ($d = 2$) $Z_t = (1-B^2)y_t = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}$ แล้วหาค่าคอเรลโลแกรมของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) ซึ่งมีค่าลดลงช้าๆ 0 เร็ว แสดงว่าอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) เป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ ขั้นต่อไป จึงกำหนดโมเดลให้กับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) จากคอเรลโลแกรมของค่า r_k และ r_{kk} สำหรับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) พบว่า r_1 และ r_{11} มีค่าสูง เมื่อพิจารณาโมเดล ARMA(p,q) น่าจะเป็น AR(1) และ MA(1) ดังนั้นโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) คือ AR(1) และ MA(1) หรือโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดของอนุกรมเวลาเดิม (y_t) คือ ARI(1,2) และ IMA(2,1)

Autocorrelations:		STUDENT1		นักเรียนระดับประถมศึกษา								
Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.								Box-Ljung	Prob.	
1	.967	.122								62.714	.000	
2	.932	.121								121.933	.000	
3	.896	.120								177.540	.000	
4	.860	.119								229.613	.000	
5	.824	.118								278.213	.000	
6	.788	.117								323.443	.000	
7	.751	.116								365.205	.000	
8	.710	.115								403.183	.000	
9	.663	.114								436.922	.000	
10	.614	.113								466.366	.000	
11	.559	.112								491.296	.000	
12	.505	.111								512.041	.000	

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 64 Computable first lags: 63

ภาพ 20 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะโมเดลสำหรับอนุกรมเวลาใหม่เป็น MA(1) คือ $Z_t = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1}$ โมเดลไม่มีค่า θ_0 เพราะ θ_0 เป็นฟังก์ชันของ μ ของ Z_t ซึ่งประมาณได้ด้วยค่า 0 ดังนั้นจากโมเดลนี้จะทำการหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ θ_1 ซึ่งได้ $\hat{\theta}_1 = .6460$ ทำให้ได้สมการพยากรณ์ในรูปอนุกรมเวลาใหม่ คือ $\hat{Z}_t = \epsilon_t - .6460\epsilon_{t-1}$

Autocorrelations: STUDENT1 นักเรียนระดับประถมศึกษา
 Transformations: difference (2)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	Plot								Box-Ljung	Prob.	
			-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1		
1	-.470	.124				****	****					14.395	.000
2	.076	.123					**					14.779	.001
3	-.021	.122					*					14.809	.002
4	-.144	.121					***					16.229	.003
5	.132	.120						***				17.451	.004
6	-.106	.119						**				18.248	.006
7	.119	.118						**				19.269	.007
8	.002	.117						*				19.270	.013
9	-.214	.116					****					22.691	.007
10	.336	.114						****	**			31.315	.001
11	-.177	.113					****					33.749	.000
12	.036	.112						*				33.853	.001

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 64 Computable first lags after differencing: 61

Partial Autocorrelations: STUDENT1 นักเรียนระดับประถมศึกษา
 Transformations: difference (2)

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.	Plot								
			-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	-.470	.127				****	****				
2	-.186	.127					****				
3	-.088	.127					**				
4	-.241	.127					****				
5	-.079	.127					**				
6	-.129	.127					***				
7	.004	.127					*				
8	.054	.127					*				
9	-.234	.127					****				
10	.162	.127						***			
11	.110	.127						**			
12	.013	.127						*			

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 64 Computable first lags after differencing: 61

ภาพ 21 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของผลต่างลำดับที่ 2 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล

จากโมเดล MA(1) ทำการทดสอบพารามิเตอร์ โดยกำหนด $H_0 : \theta_1 = 0$ หรือโมเดล MA(1) ไม่เหมาะสม กับ $H_a : \theta_1 \neq 0$ หรือโมเดล MA(1) เหมาะสม มีค่า $t = 6.3997$ ($P = .000$) พบว่าปฏิเสธสมมติฐานหลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่า $s_e^2 = 2.09$ เมื่อทำ autocorrelation check โดยพิจารณาคอเรลโลแกรมของ $r_k(e_t)$ พบว่า มีค่าเข้าใกล้ 0 สำหรับค่า k ต่าง ๆ และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square Statistics เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{10}(e_t) = 0$$

$H_a : \rho_k(e_t)$ อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ $k = 1, 2, \dots, 10$

ผลการทดสอบ พบว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก มีค่า $\alpha'_{10} = 9.271$ ($P = .507$) แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน และจากการทดสอบโมเดล AR(1) ในลักษณะเดียวกัน พบว่า มีค่า $s^2 = 2.27$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโมเดล MA(1) ที่มีค่า $s^2 = 2.09$ จึงสรุปว่าโมเดล MA(1) ที่ผู้วิจัย กำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

นอกจากนี้แล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับอนุกรมเวลาใหม่นี้อีก คือ MA(2) พบว่า โมเดล MA(2) ยอมรับสมมติฐานหลัก $t = 2.28$ ($P = .820$) และมีค่า $s^2 = 2.12$ ซึ่งมีค่า สูงกว่าโมเดล MA(1) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกโมเดล MA(1) นำไปใช้พยากรณ์ ข้อมูลต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต

ผู้วิจัยนำโมเดล IMA(2,1) ที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีความเหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์จำนวน นักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) 5 ช่วงเวลาล่วงหน้าจากสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_t = 2y_{t-1} - y_{t-2} + e_t - .6460e_{t-1}$$

สำหรับ $t \geq 65$

เมื่อ y_t คือ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 5 ปีล่วงหน้า ดังตาราง 27

ตาราง 27 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

ปี	จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (แสนคน)
2544	60.09876
2545	60.07705
2546	60.05534
2547	60.03363
2548	60.01191

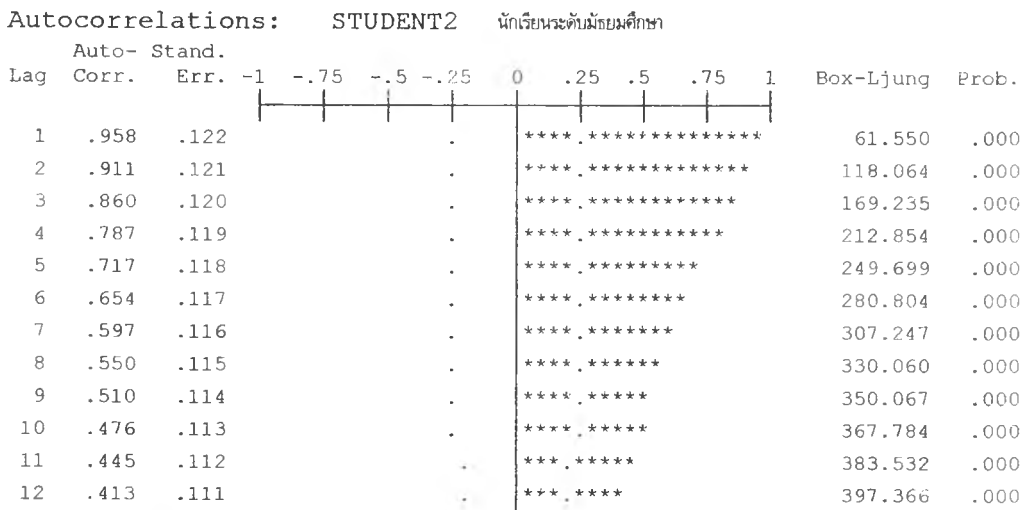
4.2.2 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

ขั้นตอนที่ 1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ในตาราง 48 (ภาคผนวก ข) มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์ (r_k) พบว่า ลักษณะของ ฟังก์ชันอัตตะสสัมพันธ์ หรือคอเรโลแกรมมีค่าลดลงอย่างช้า ๆ แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นอนุกรมเวลา ไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การ ถดถอยในตาราง 18 ตามหลักการวิเคราะห์ ผู้วิจัยต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ให้อยู่ในรูปอนุกรม

เวลาที่คงที่ โดยการหาผลต่าง ดังนั้นจึงหาอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) โดยการหาผลต่างลำดับที่ 2 ($d = 2$) $Z_t = (1-B^2)y_t = y_t - 2y_{t-1} + y_{t-2}$ แล้วหาค่าคอเรลโลแกรมของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) ซึ่งมีค่าลดลงเข้าหา 0 เร็ว แสดงว่าอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) เป็นอนุกรมเวลาที่คงที่ ขั้นต่อไป จึงกำหนดโมเดลให้กับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) จากคอเรลโลแกรมของค่า r_k และ r_{kk} สำหรับอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) พบว่า r_1 และ r_{11} มีค่าสูง เมื่อพิจารณาโมเดล ARMA(p,q) น่าจะเป็น AR(1) และ MA(1) ดังนั้นโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดของอนุกรมเวลาใหม่ (Z_t) คือ AR(1) และ MA(1) หรือโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุดของอนุกรมเวลาเดิม (y_t) คือ ARI(1,2) และ IMA(2,1)

ขั้นตอนที่ 2 การประมาณค่าพารามิเตอร์

โมเดลสำหรับอนุกรมเวลาใหม่เป็น MA(1) คือ $Z_t = \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1}$ โมเดลไม่มีค่า θ_0 เพราะ θ_0 เป็นฟังก์ชันของ μ ของ Z_t ซึ่งประมาณได้ด้วยค่า 0 ดังนั้นจากโมเดลนี้จะทำการหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ θ_1 ซึ่งได้ $\hat{\theta}_1 = .6769$ ทำให้ได้สมการพยากรณ์ในรูปอนุกรมเวลาใหม่ คือ $\hat{Z}_t = \epsilon_t - .6769\epsilon_{t-1}$



Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 64 Computable first lags: 63

ภาพ 22 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล

จากโมเดล MA(1) ทำการทดสอบพารามิเตอร์ โดยกำหนด $H_0 : \theta_1 = 0$ หรือโมเดล MA(1) ไม่เหมาะสม กับ $H_a : \theta_1 \neq 0$ หรือโมเดล MA(1) เหมาะสม มีค่า $t = 6.8671$ ($P = .000$) พบว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก และมีค่า $s_e^2 = 2.17$ เมื่อทำ autocorrelation check โดยพิจารณาคอเรลโลแกรมของ $r_k(\epsilon_t)$ พบว่า มีค่าเข้าใกล้ 0 สำหรับค่า k ต่าง ๆ และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square Statistics เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \rho_1(\epsilon_t) = \dots = \rho_{10}(\epsilon_t) = 0$$

$$H_a : \rho_k(\epsilon_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ } 0 \text{ สำหรับ } k = 1, 2, \dots, 10$$

Autocorrelations: STUDENT2 นักเรียนระดับมัธยมศึกษา
Transformations: difference (2)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.						Box-Ljung	Prob.
1	-.424	.124			***	****		11.700	.001
2	-.042	.123			.	*		11.815	.003
3	.100	.122			.	**		12.493	.006
4	-.063	.121			.	*		12.767	.012
5	-.048	.120			.	*		12.930	.024
6	-.026	.119			.	*		12.980	.043
7	-.028	.118			.	*		13.038	.071
8	-.045	.117			.	*		13.187	.106
9	.030	.116			.	*		13.255	.151
10	.004	.114			.	*		13.256	.210
11	-.006	.113			.	*		13.259	.277
12	.064	.112			.	*		13.581	.328

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
Total cases: 64 Computable first lags after differencing: 61

Partial Autocorrelations: STUDENT2 นักเรียนระดับมัธยมศึกษา
Transformations: difference (2)

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.							
1	-.424	.127			***	****			
2	-.270	.127			.	****			
3	-.048	.127			.	*			
4	-.054	.127			.	*			
5	-.103	.127			.	**			
6	-.149	.127			.	***			
7	-.168	.127			.	***			
8	-.208	.127			.	****			
9	-.164	.127			.	***			
10	-.144	.127			.	***			
11	-.152	.127			.	***			
12	-.091	.127			.	**			

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
Total cases: 64 Computable first lags after differencing: 61

ภาพ 23 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของผลต่างลำดับที่ 2 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

ผลการทดสอบ พบว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก มีค่า $\alpha'_0 = 14.616$ ($P = .553$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน และจากการทดสอบโมเดล AR(1) ในลักษณะเดียวกัน พบว่า มีค่า $s^2_e = 2.42$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโมเดล MA(1) ที่มีค่า $s^2_e = 2.17$ จึงสรุปว่าโมเดล MA(1) ที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบโมเดลที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับอนุกรมเวลาใหม่นี้คือ MA(2) และ ARMA(1,1) โดยการทดสอบตามขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 พบว่า โมเดล ARMA(1,1) เหมาะสมกับข้อมูลเพียงโมเดลเดียว และมีค่า $s^2_e = 1.98$ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าโมเดล MA(1) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือก

โมเดล ARMA(1,1) นำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลต่อไป โดยมีรายละเอียดการประมาณค่าพารามิเตอร์และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ดังนี้

เมื่อโมเดลสำหรับอนุกรมเวลาใหม่เป็น ARMA(1,1) คือ $Z_t = \phi_1 Z_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1}$ โมเดลไม่มีค่า θ_0 เพราะ θ_0 เป็นฟังก์ชันของ μ ของ Z_t ซึ่งประมาณได้ด้วยค่า 0 ดังนั้นจากโมเดลนี้จะทำการหาค่าประมาณของพารามิเตอร์ ϕ_1 และ θ_1 ซึ่งได้ $\hat{\phi}_1 = .2888$ และ $\hat{\theta}_1 = .9599$ ทำให้ได้สมการพยากรณ์ในรูปอนุกรมเวลาใหม่ คือ $\hat{Z}_t = .2888Z_{t-1} + e_t - .9599e_{t-1}$

จากโมเดล ARMA(1,1) ทดสอบพารามิเตอร์ โดยกำหนด $H_0 : \phi_1 = 0$ หรือโมเดล MA(1) เหมาะสม กับ $H_a : \phi_1 \neq 0$ หรือโมเดล AR(1) เหมาะสม มีค่า $t = 2.1400$ ($P = .0364$) และกำหนด $H_0 : \theta_1 = 0$ หรือโมเดล AR(1) เหมาะสม กับ $H_a : \theta_1 \neq 0$ หรือโมเดล MA(1) เหมาะสม มีค่า $t = 16.8787$ ($P = .000$) พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสองโมเดล คือ โมเดล AR(1) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และโมเดล MA(1) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีค่า $s^2 = 1.98$ เมื่อทำ autocorrelation check โดยพิจารณาคอเรลโลแกรมของ $r_k(e_t)$ พบว่า มีค่าเข้าใกล้ 0 สำหรับค่า k ต่าง ๆ และการตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square Statistics เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \dots = \rho_{10}(e_t) = 0$$

$$H_a : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ } 0 \text{ สำหรับ } k = 1, 2, \dots, 10$$

ผลการทดสอบ พบว่า ยอมรับสมมติฐานหลัก มีค่า $\alpha'_{10} = 7.790$ ($P = .649$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน จากการทดสอบทั้งหมด จึงสรุปว่าโมเดล ARMA(1,1) ที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

ขั้นตอนที่ 4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต

ผู้วิจัยนำโมเดล ARIMA(1,2,1) ที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีความเหมาะสมที่สุดมาพยากรณ์ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) 5 ช่วงเวลาล่วงหน้าจากสมการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_t = 2.2888y_{t-1} + .4224y_{t-2} + .2888y_{t-3} + e_t - .9599e_{t-1}$$

สำหรับ $t \geq 65$

เมื่อ y_t คือ จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

e_t คือ ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 5 ปีล่วงหน้า ดังตาราง 28

ตาราง 28 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

ปี	จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (แสนคน)
2544	34.82030
2545	35.45877
2546	36.12618
2547	36.80195
2548	37.48013

ตอนที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการพยากรณ์ร่วม

ผู้วิจัยพิจารณาแยกวิธีการพยากรณ์ร่วม (combined forecasting) ออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ 1 ได้จากการนำค่าพยากรณ์จากวิธีพยากรณ์เดี่ยวที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลมารวมกันโดยให้นำหน้าหนักตามแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้จากการนำค่าพยากรณ์จากวิธีพยากรณ์เดี่ยวที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลมารวมกันโดยให้นำหน้าหนักตามแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 โดยพิจารณาเลือกวิธีพยากรณ์เดี่ยวที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลจาก 3 กรณี 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) แต่เนื่องจากการทดสอบข้อมูลในตอนต้นที่ 2 พบว่า ข้อมูลมีเพียงสองกรณีหลังเท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยแบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรกเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และตอนที่สองเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล มีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) หนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ซึ่งค่าพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์ที่นำมาเปรียบเทียบโดยพิจารณาจากกรณีที่สาม คือ เมื่อข้อมูลมีอิทธิพลของแนวโน้มและฤดูกาลจะเลือกวิธีการพยากรณ์เดียวจากวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters smoothing: HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยสำหรับแต่ละวิธีตามแบบของ Newbold และ Granger 2 แบบ คือ

$$1. \quad w_i = \frac{\left(\sum_{t=n-v}^{n-1} e_t^{(i)^2} \right)^{-1}}{\sum_{j=1}^p \left(\sum_{t=n-v}^{n-1} e_t^{(j)^2} \right)^{-1}}$$

$$2. \quad w_i = \beta \left[\frac{\left(\sum_{t=n-v-1}^{n-2} e_t^{(i)^2} \right)^{-1}}{\sum_{j=1}^p \left(\sum_{t=n-v-1}^{n-2} e_t^{(j)^2} \right)^{-1}} \right] + (1-\beta) \left[\frac{\left(\sum_{t=n-v}^{n-1} e_t^{(i)^2} \right)^{-1}}{\sum_{j=1}^p \left(\sum_{t=n-v}^{n-1} e_t^{(j)^2} \right)^{-1}} \right], \quad 0 < \beta < 1$$

โดยที่วิธีที่ 1 ให้น้ำหนักเฉลี่ยในแบบที่ 1 และวิธีที่ 2 ให้น้ำหนักเฉลี่ยในแบบที่ 2

5.1.1 ผลการพยากรณ์ร่วมปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.1 พบว่าข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) มีแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลโดยมีการรวมตัวแบบบวก ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ วิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters smoothing: HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) ซึ่งผลการพยากรณ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า v ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 3 ซึ่งเป็นค่าที่ให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 11,469.68 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 130.34 ดังรายละเอียดในตาราง 30 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $v = 3$ คือ $\hat{y}_t = .742793 \hat{y}_{t(HWS)} + .257207 \hat{y}_{t(REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ดังตาราง 29

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 2 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้

น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า α และ β ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 3 และ .1 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 11,525.74 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 130.97 ดังรายละเอียดในตาราง 33 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $\alpha = 3$ และ $\beta = .1$ คือ $\hat{y}_t = .766469 \hat{y}_{t(HWS)} + .233531 \hat{y}_{t(REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ดังตาราง 29

ตาราง 29 ค่าพยากรณ์รวมปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีพยากรณ์รวม

เดือน	น้ำหนักแบบที่ 1 (ร้อยละ)	น้ำหนักแบบที่ 2 (ร้อยละ)
ตุลาคม 2544	16.98	16.82
พฤศจิกายน 2544	60.80	61.01
ธันวาคม 2544	51.68	51.79
มกราคม 2545	59.11	59.28
กุมภาพันธ์ 2545	57.82	58.01
มีนาคม 2545	19.39	19.21
เมษายน 2545	15.65	15.38
พฤษภาคม 2545	9.38	9.03
มิถุนายน 2545	58.38	58.54
กรกฎาคม 2545	61.55	61.65
สิงหาคม 2545	67.45	67.61
กันยายน 2545	67.93	68.14

ตาราง 30 เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ α มีค่า 1-20 จากวิธีพยากรณ์รวมวิธีที่ 1 ของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

α	หนังสือภาษาไทย (BOOK1)		หนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)		วิทยานิพนธ์ (BOOK3)	
	SSE	MSE	SSE	MSE	SSE	MSE
1	11,723.22	133.22	178.65	2.03	59,783.04	679.35
2	11,636.21	132.23	180.02	2.05	20,771.32	236.04
3	11,469.68	130.34	179.85	2.04	20,926.32	237.80
4	12,183.29	138.45	180.09	2.05	20,882.99	237.31
5	12,093.93	137.43	180.66	2.05	20,899.44	237.49
6	12,105.29	137.56	181.21	2.06	20,919.70	237.72

ตาราง 30 (ต่อ) เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ U มีค่า 1-20 จากวิธีการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 1 ของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

U	หนังสือภาษาไทย		หนังสือภาษาอังกฤษ		วิทยานิพนธ์	
	(BOOK1)		(BOOK2)		(BOOK3)	
	SSE	MSE	SSE	MSE	SSE	MSE
7	12,014.12	136.52	180.31	2.05	21,570.51	245.12
8	12,006.12	136.43	179.80	2.04	21,565.48	245.06
9	12,006.38	136.44	179.94	2.04	21,555.27	244.95
10	12,006.83	136.44	180.20	2.05	21,548.71	244.87
11	11,988.37	136.23	179.21	2.03	59,783.04	679.35
12	11,988.67	136.23	179.20	2.05	20,771.32	236.04
13	11,988.03	136.23	179.08	2.04	20,926.32	237.80
14	11,985.52	136.20	179.09	2.05	20,882.99	237.31
15	11,983.31	136.17	179.14	2.05	20,899.44	237.49
16	12,109.88	137.61	182.46	2.06	20,919.70	237.72
17	12,034.99	136.76	182.08	2.05	21,570.51	245.12
18	12,031.98	136.73	181.95	2.04	21,565.48	245.06
19	12,030.86	136.71	181.77	2.04	21,555.27	244.95
20	12,030.70	136.71	181.48	2.05	21,548.71	244.87

5.1.2 ผลการพยากรณ์ร่วมปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.1 พบว่าข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) มีแนวโน้มเส้นตรงและฤดูกาลโดยมีการรวมตัวแบบบวก ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ วิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters smoothing: HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) ซึ่งผลการพยากรณ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า U ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าที่ทำให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 178.65 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 2.03 ดังรายละเอียดในตาราง 30 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $U = 1$ คือ

$\hat{y}_t = .722456 \hat{y}_{t (HWS)} + .277544 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ดังตาราง 31

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 2 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า α และ β ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 12 และ .9 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 179.11 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 2.04 ดังรายละเอียดในตาราง 33 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $\alpha = 12$ และ $\beta = .9$ คือ $\hat{y}_t = .740963 \hat{y}_{t (HWS)} + .259037 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ดังตาราง 31

ตาราง 31 ค่าพยากรณ์ร่วมปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีพยากรณ์ร่วม

เดือน		น้ำหนักแบบที่ 1 (ร้อยละ)	น้ำหนักแบบที่ 2 (ร้อยละ)
ตุลาคม	2544	5.29	5.26
พฤศจิกายน	2544	9.52	9.63
ธันวาคม	2544	9.27	9.26
มกราคม	2545	9.05	9.07
กุมภาพันธ์	2545	8.63	8.63
มีนาคม	2545	5.06	4.99
เมษายน	2545	4.21	4.19
พฤษภาคม	2545	2.94	2.89
มิถุนายน	2545	8.86	8.97
กรกฎาคม	2545	10.62	10.65
สิงหาคม	2545	11.11	11.13
กันยายน	2545	9.40	9.41

5.1.3 ผลการพยากรณ์ร่วมปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.1 พบว่าข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีแนวโน้มเส้นโค้งและฤดูกาลโดยมีการรวมตัวแบบบวก ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ วิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters smoothing: HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) ซึ่งผลการพยากรณ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า U ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 2 ซึ่งเป็นค่าที่ให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 20,771.32 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 236.04 ดังรายละเอียดในตาราง 30 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $U = 2$ คือ $\hat{y}_t = .277453 \hat{y}_{t(HWS)} + .722547 \hat{y}_{t(REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ดังตาราง 32

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 2 ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้น้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า U และ β ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 3 และ .1 ตามลำดับซึ่งเป็นค่าที่ให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 20,935.66 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 237.91 ดังรายละเอียดในตาราง 33 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $U = 3$ และ $\beta = .1$ คือ $\hat{y}_t = .316268 \hat{y}_{t(HWS)} + .638732 \hat{y}_{t(REG)}$ สำหรับ $t \geq 89$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 12 เดือนล่วงหน้า ดังตาราง 32

ตาราง 32 ค่าพยากรณ์ร่วมปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) 12 เดือนล่วงหน้าด้วยวิธีพยากรณ์ร่วม

เดือน	น้ำหนักแบบที่ 1 (ร้อยละ)	น้ำหนักแบบที่ 2 (ร้อยละ)
ตุลาคม 2544	36.04	36.06
พฤศจิกายน 2544	75.75	75.30
ธันวาคม 2544	59.50	59.24
มกราคม 2545	66.06	65.73
กุมภาพันธ์ 2545	63.51	63.14
มีนาคม 2545	57.25	56.89
เมษายน 2545	41.70	41.37
พฤษภาคม 2545	27.96	27.44
มิถุนายน 2545	55.77	55.36
กรกฎาคม 2545	62.72	62.16
สิงหาคม 2545	69.88	69.15
กันยายน 2545	65.68	65.20

ตาราง 33 เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ U มีค่า 3, 6, 9 และ 12 และ β มีค่า .1-9 จากวิธีพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 2 ของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

U	β	หนังสือภาษาไทย		หนังสือภาษาอังกฤษ		วิทยานิพนธ์	
		(BOOK1)		(BOOK2)		(BOOK3)	
		SSE	MSE	SSE	MSE	SSE	MSE
3	.1	11,525.74	130.97	179.92	2.04	20,935.66	237.91
	.2	11,593.41	131.74	179.98	2.05	20,945.06	238.01
	.3	11,648.43	132.37	180.05	2.05	20,954.50	238.12
	.4	11,715.05	133.13	180.11	2.05	20,964.00	238.23
	.5	11,785.19	133.92	180.18	2.05	20,973.55	238.34
	.6	11,858.85	134.76	180.25	2.05	20,983.16	238.45
	.7	11,936.03	135.64	180.31	2.05	20,992.82	238.55
	.8	12,016.73	136.55	180.38	2.05	21,002.53	238.67
	.9	12,100.95	137.51	180.45	2.05	21,012.29	238.78
6	.1	12,087.35	137.36	181.15	2.06	20,987.05	238.49
	.2	12,079.27	137.26	181.09	2.06	21,057.08	239.28
	.3	12,071.21	137.17	181.02	2.06	21,129.76	240.11
	.4	12,063.19	137.08	180.96	2.06	21,205.12	240.97
	.5	12,055.19	136.99	180.90	2.06	21,283.15	241.85
	.6	12,047.23	136.90	180.84	2.05	21,363.85	242.77
	.7	12,312.91	139.92	180.78	2.05	21,447.21	243.72
	.8	12,031.41	136.72	180.72	2.05	21,533.25	244.70
	.9	12,023.54	136.63	180.66	2.05	21,621.96	245.70
9	.1	12,006.58	136.44	179.98	2.05	21,568.03	245.09
	.2	12,006.78	136.44	180.03	2.05	21,580.84	245.24
	.3	12,006.97	136.44	180.07	2.05	21,593.71	245.38
	.4	12,007.17	136.45	180.12	2.05	21,606.64	245.53
	.5	12,007.37	136.45	180.16	2.05	21,619.62	245.68
	.6	12,007.57	136.45	180.21	2.05	21,632.65	245.83
	.7	12,007.77	136.45	180.26	2.05	21,645.74	245.97

ตาราง 33 (ต่อ) เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ U มีค่า 3, 6, 9 และ 12 และ β มีค่า .1-.9 จากวิธีพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 2 ของข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

U	β	หนังสือภาษาไทย		หนังสือภาษาอังกฤษ		วิทยานิพนธ์	
		(BOOK1)		(BOOK2)		(BOOK3)	
		SSE	MSE	SSE	MSE	SSE	MSE
9	.8	12,007.96	136.45	180.30	2.05	21,658.89	246.12
	.9	12,008.16	136.46	180.35	2.05	21,672.09	246.27
12	.1	11,988.73	136.24	179.19	2.04	21,546.77	244.85
	.2	11,988.79	136.24	179.18	2.04	21,559.00	244.99
	.3	11,988.86	136.24	179.17	2.04	21,571.27	245.13
	.4	11,988.92	136.24	179.16	2.04	21,583.60	245.27
	.5	11,988.99	136.24	179.15	2.04	21,595.98	245.41
	.6	11,989.05	136.24	179.14	2.04	21,608.41	245.55
	.7	11,989.11	136.24	179.13	2.04	21,620.89	245.69
	.8	11,989.18	136.24	179.12	2.04	21,633.43	245.83
	.9	11,989.24	136.24	179.11	2.04	21,646.01	245.98

ตอนที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) และข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ซึ่งวิธีการพยากรณ์เดี่ยวที่นำมารวม พิจารณาจากกรณีที่สอง เมื่อข้อมูลมีอิทธิพลของแนวโน้มเพียงอย่างเดียว จะเลือกวิธีพยากรณ์เดี่ยวจากวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 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) โดยให้นำน้ำหนักเฉลี่ยสำหรับแต่ละวิธีตามแบบของ Newbold และ Granger 2 แบบ คือ

$$1. \quad w_i = \frac{\left(\sum_{t=n-v}^{n-1} e_t^{(i)^2} \right)^{-1}}{\sum_{j=1}^p \left(\sum_{t=n-v}^{n-1} e_t^{(j)^2} \right)^{-1}}$$

$$2. \quad w_i = \beta \left[\frac{\left(\sum_{t=n-v-1}^{n-2} e_t^{(i)^2} \right)^{-1}}{\sum_{j=1}^p \left(\sum_{t=n-v-1}^{n-2} e_t^{(j)^2} \right)^{-1}} \right] + (1-\beta) \left[\frac{\left(\sum_{t=n-v}^{n-1} e_t^{(i)^2} \right)^{-1}}{\sum_{j=1}^p \left(\sum_{t=n-v}^{n-1} e_t^{(j)^2} \right)^{-1}} \right], \quad 0 < \beta < 1$$

โดยที่วิธีที่ 1 ให้นำหนักเฉลี่ยในแบบที่ 1 และวิธีที่ 2 ให้นำหนักเฉลี่ยในแบบที่ 2

5.2.1 ผลการพยากรณ์ร่วมจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.2 พบว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) มีแนวโน้มแบบเส้นโค้ง ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (Brown's triple exponential smoothing: TES) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) ซึ่งผลการพยากรณ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 1 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้นำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า ν ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 16 ซึ่งเป็นค่าที่ให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 141.57 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 2.21 ดังรายละเอียดในตาราง 35 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $\nu = 16$ คือ $\hat{y}_t = .920534 \hat{y}_{t \text{ (TES)}} + .079466 \hat{y}_{t \text{ (REG)}}$ สำหรับ $t \geq 65$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 10 ปีล่วงหน้า ดังตาราง 34

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 2 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล 3 ครั้งตามแบบของบราวน์ (TES) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้นำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า ν และ β ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 12 และ .1 ตามลำดับซึ่งเป็นค่าที่ให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 143.87 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 2.25 ดังรายละเอียดในตาราง 37 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $\nu = 12$ และ $\beta = .1$ คือ $\hat{y}_t = .90474 \hat{y}_{t \text{ (TES)}} + .09526 \hat{y}_{t \text{ (REG)}}$ สำหรับ $t \geq 65$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 5 ปีล่วงหน้า ดังตาราง 34

ตาราง 34 ค่าพยากรณ์รวมจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีพยากรณ์รวม

ปี	น้ำหนักแบบที่ 1 (แสนคน)	น้ำหนักแบบที่ 2 (แสนคน)
2544	61.05206	61.14201
2545	61.84241	61.91358
2546	62.86945	62.91709
2547	64.13318	64.15254
2548	65.63359	65.61993

ตาราง 35 เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ U มีค่า 1-20 จากวิธีพยากรณ์รวมวิธีที่ 1 ของข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

U	นักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)		นักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)	
	SSE	MSE	SSE	MSE
1	151.28	2.36	145.75	2.28
2	144.31	2.25	145.28	2.27
3	143.74	2.25	144.92	2.26
4	143.34	2.24	144.89	2.26
5	142.82	2.23	144.86	2.26
6	143.87	2.25	144.66	2.26
7	144.09	2.25	144.39	2.26
8	144.28	2.25	144.08	2.25
9	144.20	2.25	144.13	2.25
10	144.14	2.25	143.84	2.25
11	144.07	2.25	143.69	2.25
12	143.78	2.25	143.60	2.24
13	143.47	2.24	143.67	2.24
14	143.33	2.24	143.60	2.24
15	143.00	2.23	143.05	2.24
16	141.57	2.21	142.43	2.23

ตาราง 35 (ต่อ) เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ U มีค่า 1-20 จากวิธพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 1 ของข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

U	นักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)		นักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)	
	SSE	MSE	SSE	MSE
17	142.80	2.23	142.51	2.23
18	142.90	2.23	141.68	2.21
19	143.38	2.24	141.88	2.22
20	144.12	2.25	142.10	2.22

5.2.2 ผลการพยากรณ์ร่วมจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแนวโน้มและฤดูกาล ในตอนที่ 2.2.2 พบว่าข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ดังนั้นวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนี้ คือ วิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential smoothing for exponential trend: ESE) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) ซึ่งผลการพยากรณ์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 1 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (ESE) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้นำน้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 1 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า U ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าที่ให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 141.68 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 2.21 ดังรายละเอียดในตาราง 35 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $U = 18$ คือ $\hat{y}_t = .914608 \hat{y}_{t(ESE)} + .085392 \hat{y}_{t(REG)}$ สำหรับ $t \geq 65$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 5 ปีล่วงหน้า ดังตาราง 36

ผลการพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 2 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ได้จากการรวมของวิธีปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสำหรับข้อมูลที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (ESE) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) โดยให้นำน้ำหนักเฉลี่ยแบบที่ 2 สามารถสร้างสมการพยากรณ์โดยคำนวณค่า U และ β ที่เหมาะสมได้เท่ากับ 12 และ .1 ตามลำดับซึ่งเป็นค่าที่ให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) ต่ำที่สุดเท่ากับ 144.81 และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เท่ากับ 2.26 ดังรายละเอียดในตาราง 37 สมการพยากรณ์ที่ได้เมื่อ $U = 12$ และ $\beta = .1$ คือ $\hat{y}_t = .893464 \hat{y}_{t(ESE)} + .106536 \hat{y}_{t(REG)}$ สำหรับ $t \geq 65$ จากสมการดังกล่าวสามารถหาค่าพยากรณ์ 5 ปีล่วงหน้า ดังตาราง 36

ตาราง 36 ค่าพยากรณ์รวมจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) 5 ปีล่วงหน้าด้วยวิธีพยากรณ์รวม

ปี	น้ำหนักแบบที่ 1 (แสนคน)	น้ำหนักแบบที่ 2 (แสนคน)
2544	36.06880	36.75105
2545	36.16567	36.97504
2546	36.30807	37.25454
2547	36.49942	37.59385
2548	36.74344	37.99761

ตาราง 37 เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ U มีค่า 3, 6, 9 และ 12 และ β มีค่า .1-.9 จากวิธีพยากรณ์รวมวิธีที่ 2 ของข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

U	β	นักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)		นักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)	
		SSE	MSE	SSE	MSE
3	.1	143.87	2.25	147.16	2.30
	.2	144.02	2.25	149.84	2.34
	.3	144.18	2.25	152.97	2.39
	.4	144.35	2.26	156.53	2.45
	.5	144.53	2.26	160.54	2.51
	.6	144.72	2.26	164.99	2.58
	.7	144.91	2.26	169.87	2.65
	.8	145.12	2.27	175.21	2.74
	.9	145.34	2.27	180.98	2.83
6	.1	144.04	2.25	146.57	2.29
	.2	144.24	2.25	148.83	2.33
	.3	144.44	2.26	151.43	2.37
	.4	144.66	2.26	154.38	2.41
	.5	213.08	3.33	157.68	2.46
	.6	145.14	2.27	161.33	2.52
	.7	145.40	2.27	165.32	2.58
	.8	145.67	2.28	169.67	2.65
	.9	145.96	2.28	174.35	2.72

ตาราง 37 (ต่อ) เปรียบเทียบค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (SSE) และค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (MSE) เมื่อ α มีค่า 3, 6, 9 และ 12 และ β มีค่า .1-.9 จากวิธีพยากรณ์ร่วมวิธีที่ 2 ของข้อมูลที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

α	β	นักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)		นักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)	
		SSE	MSE	SSE	MSE
9	.1	144.36	2.26	145.48	2.27
	.2	144.54	2.26	147.05	2.30
	.3	144.72	2.26	148.82	2.33
	.4	144.92	2.26	150.79	2.36
	.5	145.12	2.27	152.97	2.39
	.6	145.34	2.27	155.36	2.43
	.7	145.56	2.27	157.95	2.47
	.8	145.79	2.28	160.75	2.51
	.9	146.03	2.28	163.75	2.56
12	.1	143.87	2.25	144.81	2.26
	.2	143.96	2.25	146.20	2.28
	.3	144.05	2.25	147.78	2.31
	.4	144.14	2.25	149.54	2.34
	.5	144.14	2.25	151.49	2.37
	.6	144.34	2.26	153.63	2.40
	.7	144.45	2.26	155.96	2.44
	.8	144.56	2.26	158.48	2.48
	.9	144.67	2.26	161.18	2.52

ตอนที่ 6 ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

สาระในตอนนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบผลการพยากรณ์โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนแรกเป็นการพล็อตกราฟค่าของข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วม ตอนที่สอง เป็นผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) และตอนที่ 3 เป็นการสรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ โดยในแต่ละวิธีการพยากรณ์สำหรับแต่ละชุดข้อมูลมีสมการพยากรณ์ต่อไปนี้

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

ผู้วิจัยนำข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ทำการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 7 วิธี ทำการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ 77 ถึงช่วงเวลาที่ 88 มีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (BAYES) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_{24+\tau} = M(24 + \tau) = 30.630 + 0.875(24 + \tau) + 8.114 \sin \left[\frac{2\pi(24 + \tau)}{12} \right] + 14.500 \cos \left[\frac{2\pi(24 + \tau)}{12} \right]$$

เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, \dots, 12$

2. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (B-J) โมเดลในการพยากรณ์ คือ $\text{IMA}(2,1) \times \text{SAR}(1,1)_{12}$ และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = 2y_{t-1} - y_{t-2} + .4896y_{t-12} - .9791y_{t-13} + .4896y_{t-14} + 1.2208y_{t-15} + .5104y_{t-16} + e_t - .7264e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 77$, $s_e^2 = 225.6157$

3. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (B-J/2T) โมเดลที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ คือ $\text{ARI}(1,2)$ และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = 1.4076y_{t-1} + 2.1848y_{t-2} + .5924y_{t-3} + e_t$ สำหรับ $t \geq 25$, $s_e^2 = 1313.0494$

4. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB1) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .546179 \hat{y}_{t \text{ (HWS)}} + .453821 \hat{y}_{t \text{ (REG)}}$ สำหรับ $t \geq 77$ ($\mathbf{U} = 3$, $\text{SSE} = 11904.60$, $\text{MSE} = 143.48$)

5. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB1/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .074023 \hat{y}_{t \text{ (HWS)}} + .925977 \hat{y}_{t \text{ (REG)}}$ สำหรับ $t \geq 25$ ($\mathbf{U} = 4$, $\text{SSE} = 209.44$, $\text{MSE} = 8.73$)

6. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB2) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .570886 \hat{y}_{t \text{ (HWS)}} + .429114 \hat{y}_{t \text{ (REG)}}$ สำหรับ $t \geq 77$ ($\mathbf{U} = 3$, $\beta = .1$, $\text{SSE} = 11007.03$, $\text{MSE} = 144.83$)

7. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหน้าหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB2/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .080625 \hat{y}_{t (HWS)} + .919375 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 25$ ($U = 3$, $\beta = .9$, $SSE = 209.67$, $MSE = 8.74$)

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

ผู้วิจัยนำข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ทำการพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์ทั้ง 7 วิธี ทำการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลาที่ 77 ถึงช่วงเวลาที่ 88 มีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (BAYES) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_{24+\tau} = M(24 + \tau) = 4.858 + 0.106(24 + \tau) + 0.388 \sin \left[\frac{2\pi(24 + \tau)}{12} \right] + 2.244 \cos \left[\frac{2\pi(24 + \tau)}{12} \right]$$

เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, \dots, 12$

2. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (B-J) โมเดลในการพยากรณ์ คือ IMA (1,1)×SI(1)₁₂ และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = y_{t-1} + y_{t-12} + e_t - .6933e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 77$, $s_e^2 = 2.7855$

3. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (B-J/2T) โมเดลที่ดีที่สุดในการพยากรณ์ คือ IMA(1,1) และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = y_{t-1} + e_t - .9301e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 25$, $s_e^2 = 11.5088$

4. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหน้าหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB1) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .348712 \hat{y}_{t (HWS)} + .651288 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 77$ ($U = 1$, $SSE = 18615.0$, $MSE = 1.86$)

5. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหน้าหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB1/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .015562 \hat{y}_{t (HWS)} + .984438 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 25$ ($U = 4$, $SSE = 19.98$, $MSE = 0.83$)

6. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหน้าหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB2) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .640864 \hat{y}_{t (HWS)} + .359136 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 77$ ($U = 3$, $\beta = .1$, $SSE = 143.78$, $MSE = 1.89$)

7. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหน้าหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB2/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .02076 \hat{y}_{t (HWS)} + .97924 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 25$ ($U = 3$, $\beta = .9$, $SSE = 19.99$, $MSE = 0.83$)

ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

ผู้วิจัยนำข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ทำการพยากรณ์ด้วยวิธีพยากรณ์ทั้ง 7 วิธี ทำการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลา 77 ถึงช่วงเวลา 88 มีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (BAYES) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_{24+\tau} = M(24 + \tau) = 39.599 + 1.376(24 + \tau) + 19.535 \sin \left[\frac{2\pi(24 + \tau)}{12} \right] + 7.396 \cos \left[\frac{2\pi(24 + \tau)}{12} \right]$$

เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, \dots, 12$

2. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (B-J) โมเดลในการพยากรณ์ คือ IMA (1,1)×SARI(2,1)₁₂ และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = 0.1322y_{t-1} - 0.4677y_{t-2} + .4001y_{t-3} + y_{t-12} - .1322y_{t-13} + 1.4001y_{t-14} - .4001y_{t-15} + e_t - .5165e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 77$, $s_e^2 = 347.234$

3. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (B-J/2T) โมเดลในการพยากรณ์ คือ ARI (1,2) และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = 1.4780y_{t-1} - 2.0440y_{t-2} + .5220y_{t-3} + e_t$ สำหรับ $t \geq 25$, $s_e^2 = 906.5297$

4. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB1) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .209088 \hat{y}_{t (HWS)} + .790912 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 77$ ($\nu = 1$, SSE = 19711.38, MSE = 259.36)

5. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB1/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .32092 \hat{y}_{t (HWS)} + .67908 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 25$ ($\nu = 3$, SSE = 624.09, MSE = 26.0)

6. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB2) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .459983 \hat{y}_{t (HWS)} + .540017 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 77$ ($\nu = 3$, $\beta = .1$, SSE = 20525.62, MSE = 270.07)

7. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB2/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .332614 \hat{y}_{t (HWS)} + .667386 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 25$ ($\nu = 3$, $\beta = .1$, SSE = 629.70, MSE = 26.24)

ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

ผู้วิจัยนำข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) ทำการพยากรณ์ด้วยวิธีพยากรณ์ทั้ง 7 วิธี ทำการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลา 60 ถึงช่วงเวลา 64 มีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (BAYES) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ

$$\hat{y}_{20+\tau} = M(20 + \tau) = 72.696 - 0.203(20 + \tau) - 0.022(20 + \tau)^2 \text{ เมื่อ } \tau = 1, 2, 3, 4, 5$$

2. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (B-J) โมเดลในการพยากรณ์ คือ IMA (2,1) และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = 2y_{t-1} - y_{t-2} + e_t - .6402e_{t-1}$ สำหรับ $t \geq 60$, $s_e^2 = 2.1070$
3. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (B-J/2T) โมเดลในการพยากรณ์ คือ ARI(1,3) และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = 1.1377y_{t-1} + 3.7246y_{t-2} + 2.7246y_{t-3} + 0.8623y_{t-4} + e_t$ สำหรับ $t \geq 21$, $s_e^2 = 1.8022$
4. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหน้าแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB1) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .943768 \hat{y}_{t (TES)} + .056232 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 60$ ($\mathbf{U} = 1$, $SSE = 132.61$, $MSE = 2.25$)
5. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหน้าแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB1/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .382827 \hat{y}_{t (TES)} + .617173 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 21$ ($\mathbf{U} = 16$, $SSE = 14.53$, $MSE = 0.73$)
6. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหน้าแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB2) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .950079 \hat{y}_{t (TES)} + .049921 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 60$ ($\mathbf{U} = 12$, $\beta = .1$, $SSE = 132.75$, $MSE = 2.25$)
7. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหน้าแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB2/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .389313 \hat{y}_{t (TES)} + .610867 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 21$ ($\mathbf{U} = 12$, $\beta = .4$, $SSE = 14.53$, $MSE = 0.73$)

ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

ผู้วิจัยนำค่าพยากรณ์ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ทำการพยากรณ์ด้วยวิธีพยากรณ์ทั้ง 7 วิธี ทำการพยากรณ์ล่วงหน้าจากช่วงเวลา 60 ถึงช่วงเวลา 64 มีรายละเอียดดังนี้

1. วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (BAYES) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_{20+\tau} = \mathbf{M}(20 + \tau) = 2.514 + 0.050(20 + \tau)$ เมื่อ $\tau = 1, 2, 3, 4, 5$
2. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (B-J) โมเดลในการพยากรณ์ คือ ARI (2,2) และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = 1.4948y_{t-1} - 0.3661y_{t-2} + 1.2166y_{t-3} + 0.3557y_{t-4} + e_t$ สำหรับ $t \geq 60$, $s_e^2 = 0.6113$
3. วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (B-J/2T) โมเดลในการพยากรณ์ คือ ARI(2,3) และมีสมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = 1.1798y_{t-1} - 273720.4677y_{t-2} + 4.4468y_{t-3} + 1.8064y_{t-4} + .9032y_{t-5} + e_t$ สำหรับ $t \geq 21$, $s_e^2 = 1.4325$

4. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB1) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .16721 \hat{y}_{t (ESE)} + .83279 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 59$ ($U = 9$, $SSE = 710.84$, $MSE = 12.05$)

5. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB1/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .23706 \hat{y}_{t (ESE)} + .76294 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 21$ ($U = 9$, $SSE = 141.63$, $MSE = 7.08$)

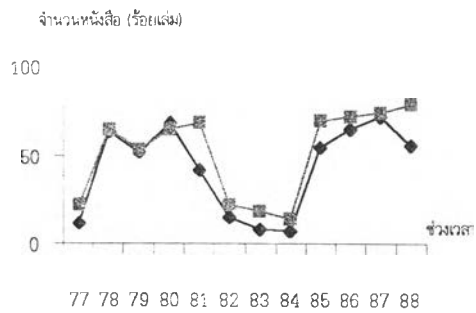
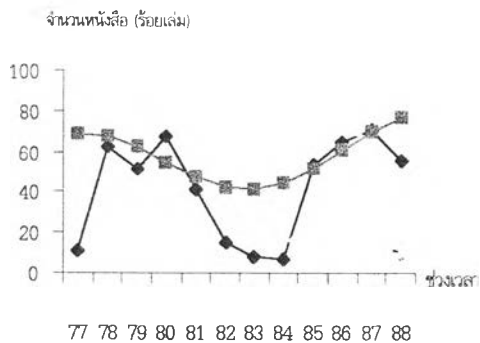
6. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB2) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .161911 \hat{y}_{t (ESE)} + .838089 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 59$ ($U = 9$, $\beta = .9$, $SSE = 707.69$, $MSE = 11.99$)

7. วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB2/2T) สมการที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ $\hat{y}_t = .215178 \hat{y}_{t (ESE)} + .784822 \hat{y}_{t (REG)}$ สำหรับ $t \geq 21$ ($U = 3$, $\beta = .9$, $SSE = 140.07$, $MSE = 7.00$)

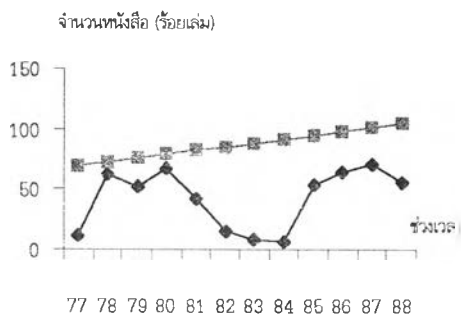
ตอนที่ 6.1 การพล็อตกราฟค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี ผู้วิจัยนำกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีของเบย์ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการพยากรณ์ร่วม กับค่าจริง มาพล็อตกราฟเพื่อให้สามารถมองเห็นภาพของความแตกต่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

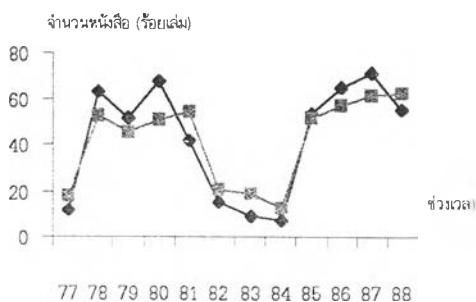
เมื่อนำค่าพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) ด้วยการพยากรณ์ทั้ง 7 วิธี มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับค่าจริง ได้ผลดังภาพ 24-25



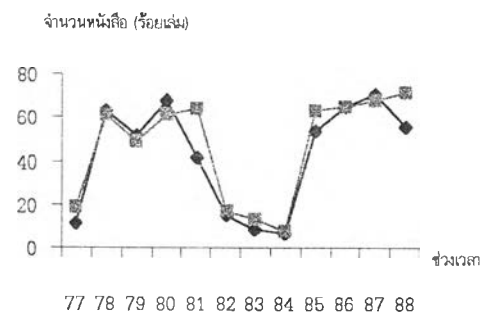
ก. วิธี BAYES



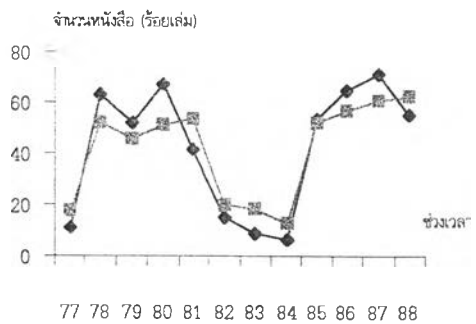
ข. วิธี B-J



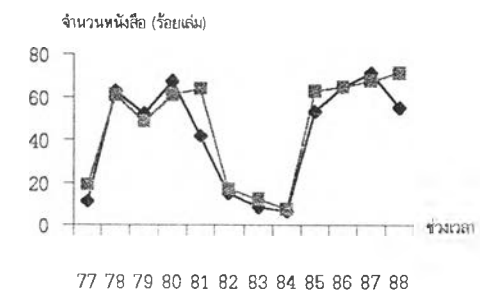
ค. วิธี B-J/2T



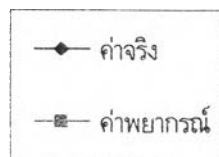
ง. วิธี COMB1



จ. วิธี COMB1/2T

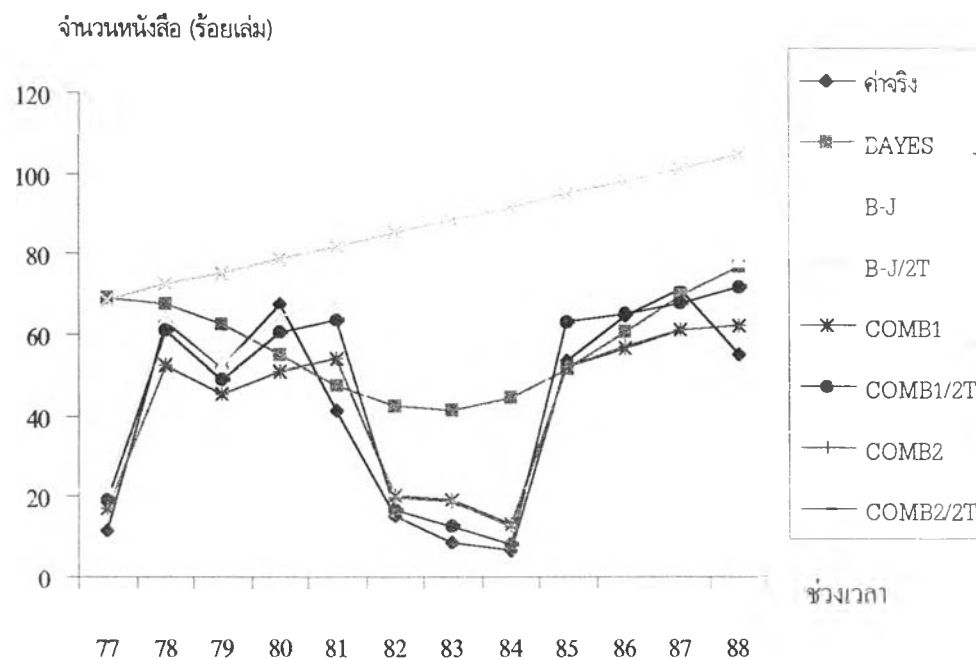


ฉ. วิธี COMB2



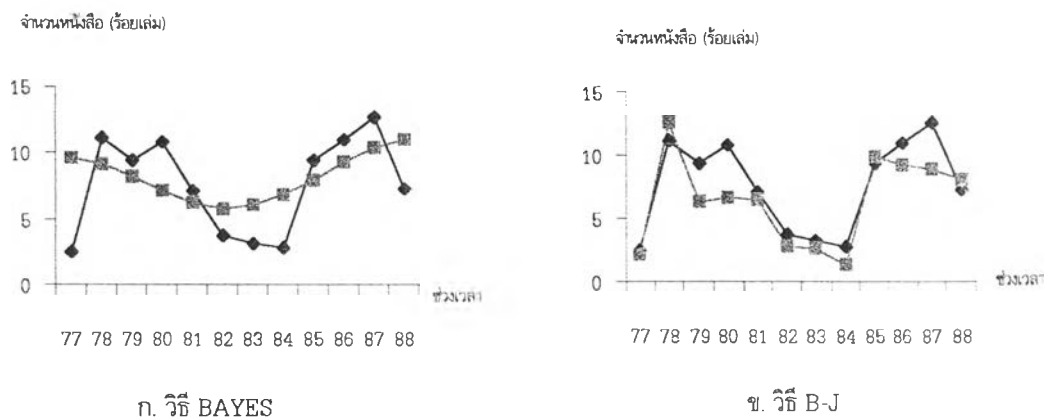
ช. วิธี COMB2/2T

ภาพ 24 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

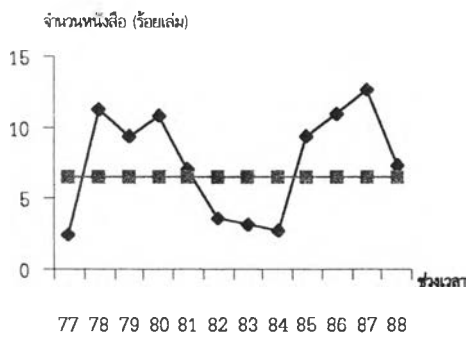


ภาพ 25 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

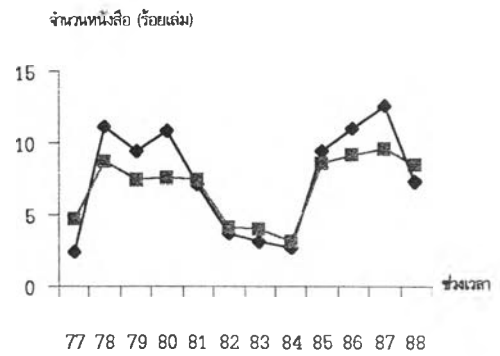
เมื่อนำค่าพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) ด้วยการพยากรณ์ทั้ง 7 วิธี มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับค่าจริง ได้ผลดังภาพ 26-27



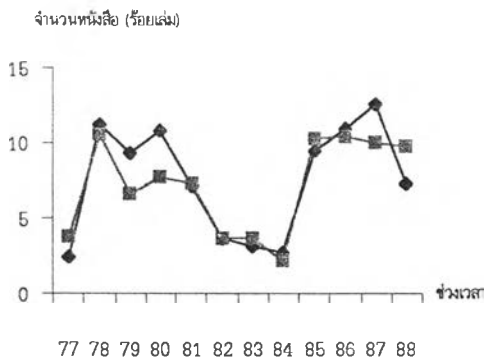
ภาพ 26 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)



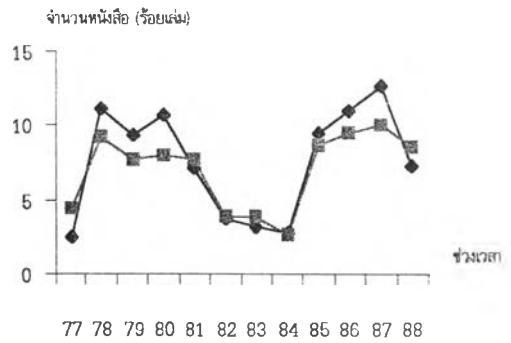
ค. วิธี B-J/2T



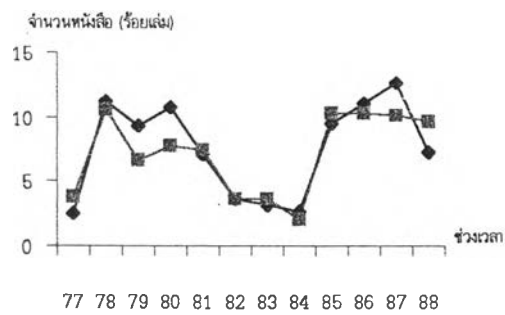
ง. วิธี COMB1



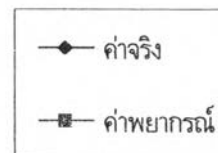
จ. วิธี COMB1/2T



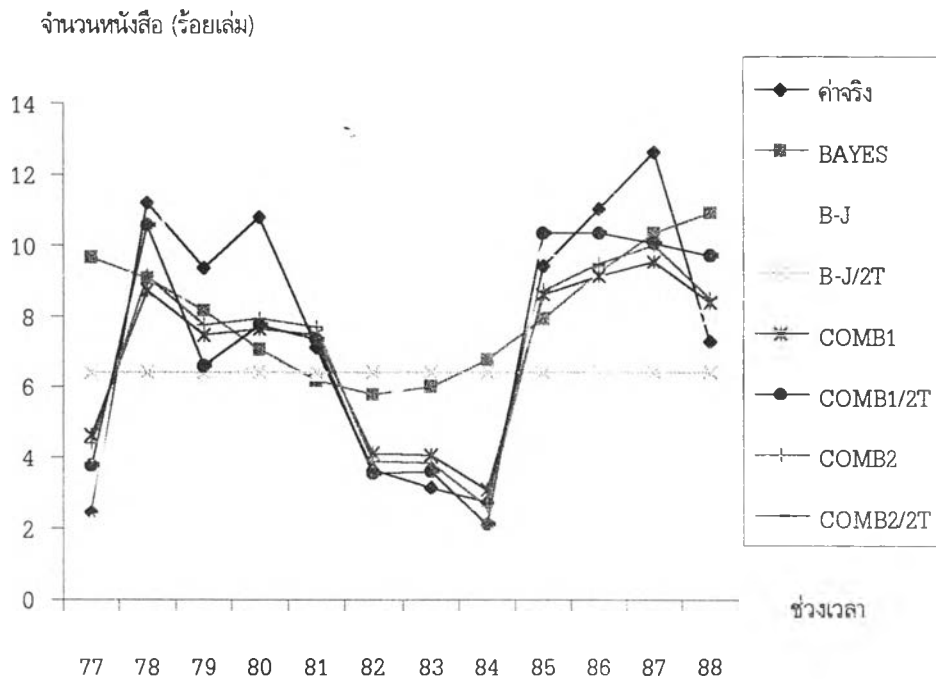
ฉ. วิธี COMB2



ช. วิธี COMB2/2T

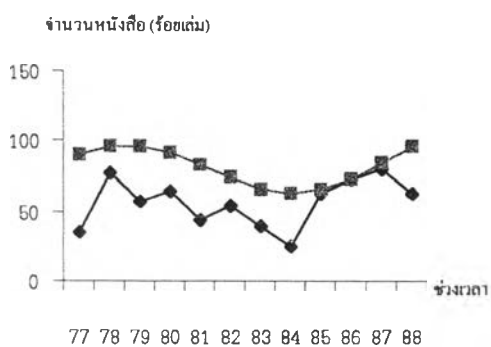


ภาพ 26 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

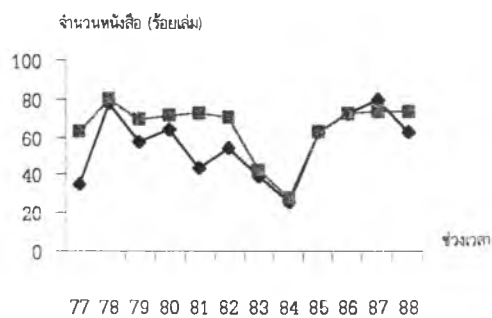


ภาพ 27 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

เมื่อนำค่าพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมมหาวิทยาลัยนิพนธ์ (BOOK3) ด้วยการพยากรณ์ทั้ง 7 วิธี มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับค่าจริง ได้ผลดังภาพ 28-29

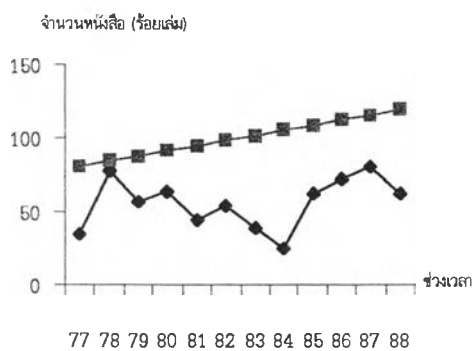


ก. วิธี BAYES

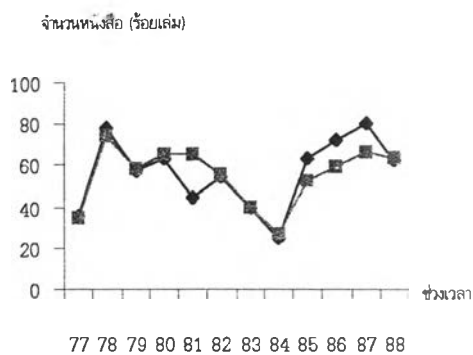


ข. วิธี B-J

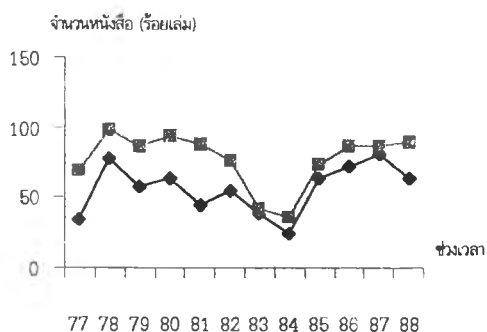
ภาพ 28 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของปริมาณการยืมมหาวิทยาลัยนิพนธ์ (BOOK3)



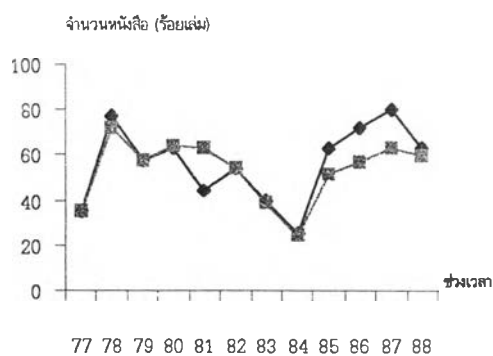
ค. วิธี B-J/2T



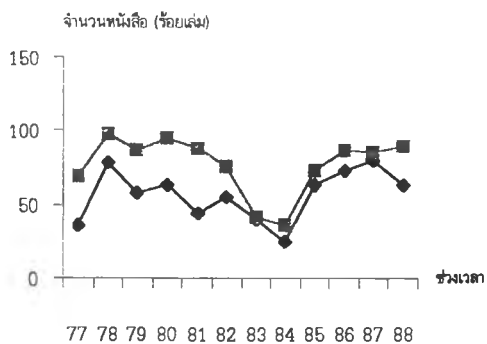
ง. วิธี COMB1



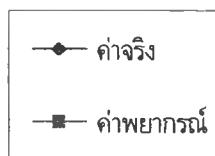
จ. วิธี COMB1/2T



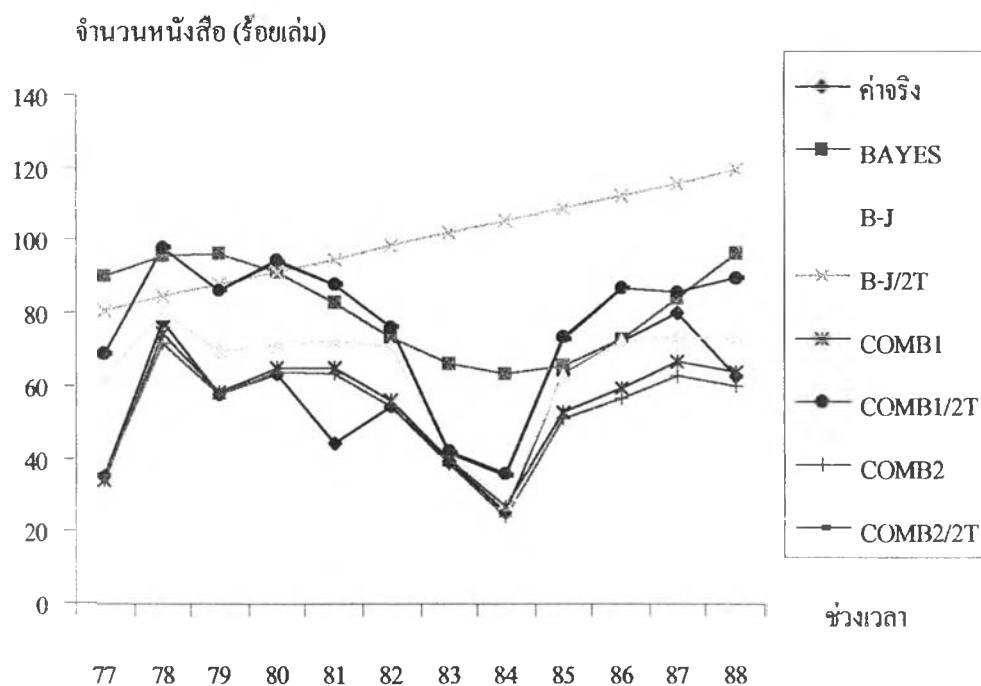
ฉ. วิธี COMB2



ช. วิธี COMB2/2T

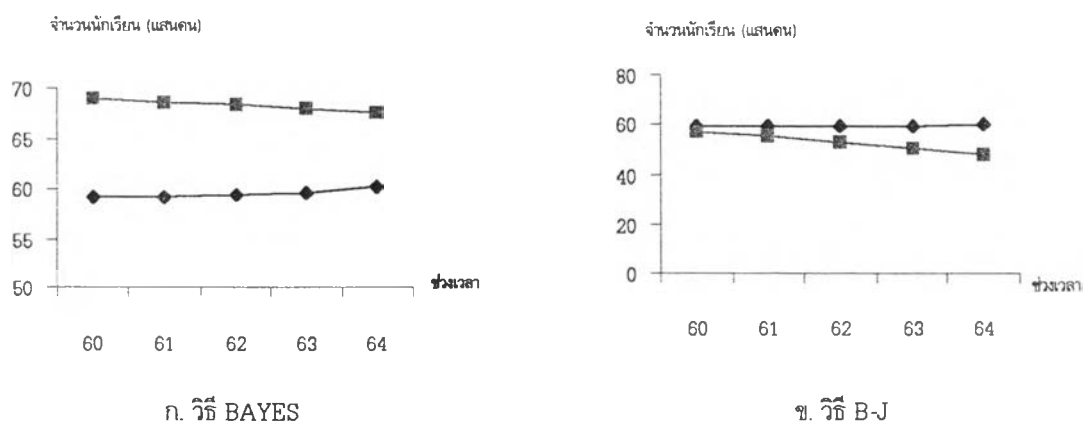


ภาพ 28 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

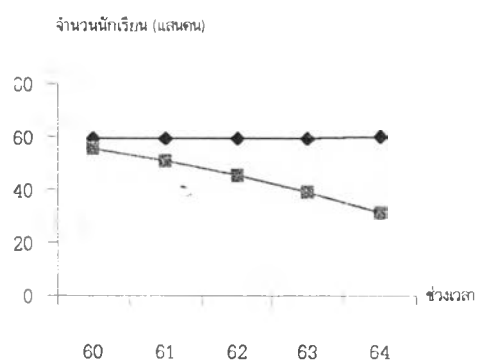


ภาพ 29 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

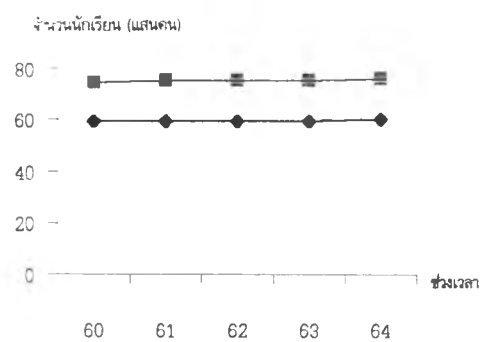
พยากรณ์ทั้ง 7 วิธี มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับค่าจริง ได้ผลดังภาพ 30-31



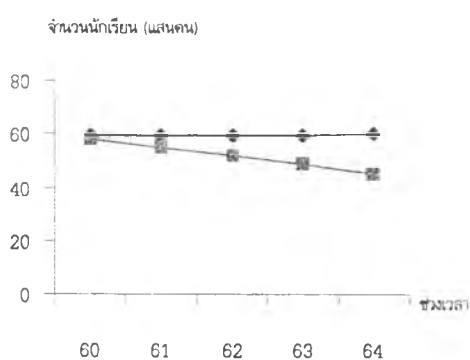
ภาพ 30 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)



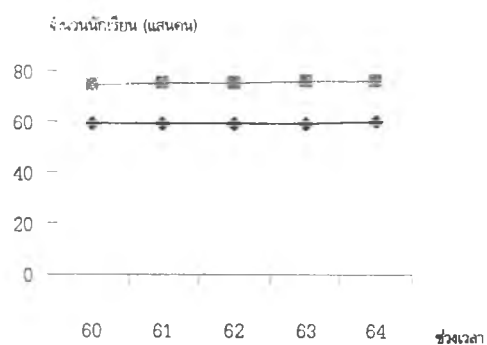
ค. วิธี B-J/2T



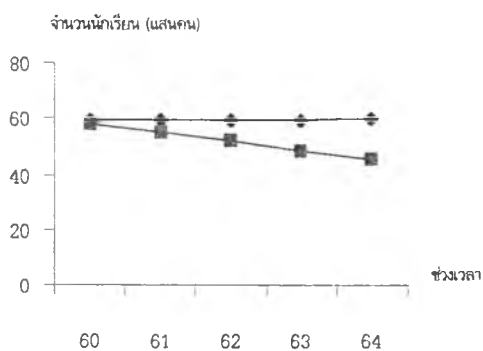
ง. วิธี COMB1



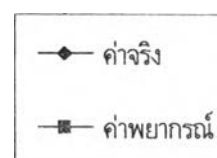
จ. วิธี COMB1/2T



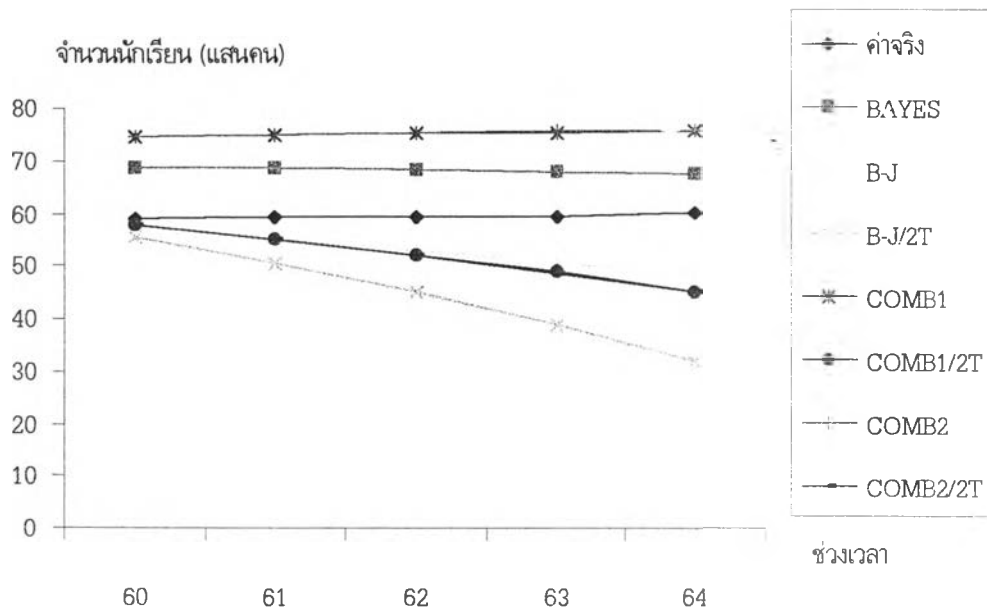
ฉ. วิธี COMB2



ช. วิธี COMB2/2T

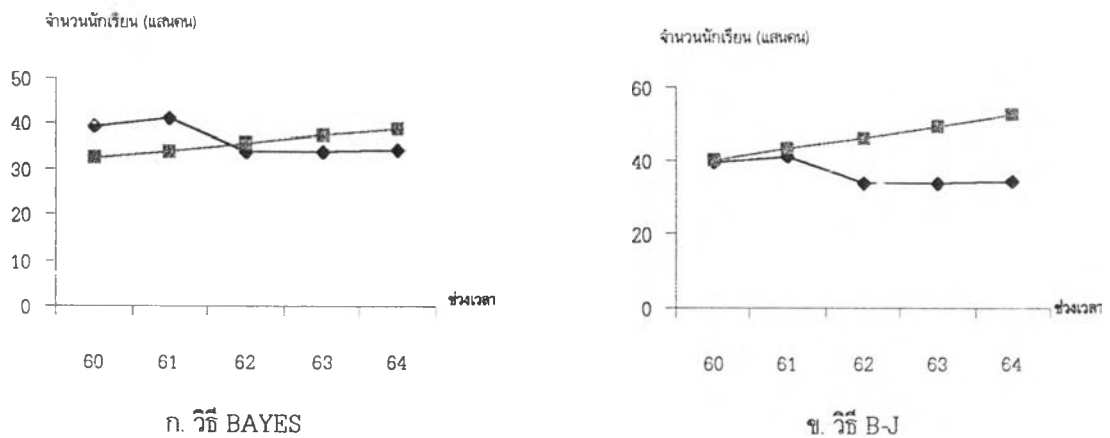


ภาพ 30 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

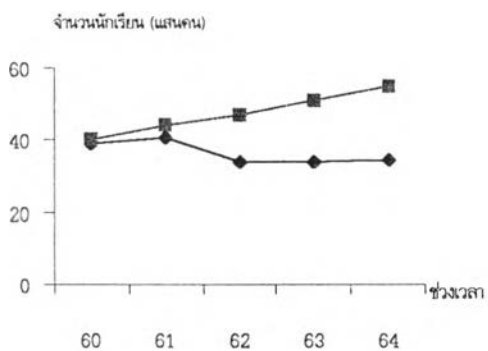


ภาพ 31 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

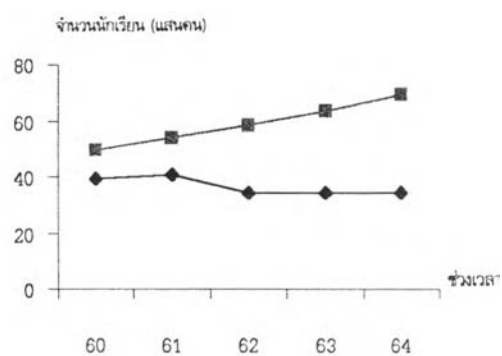
เมื่อนำค่าพยากรณ์ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) ด้วยการพยากรณ์ทั้ง 7 วิธี มาพล็อตกราฟเปรียบเทียบกับค่าจริง ได้ผลดังภาพ 32-33



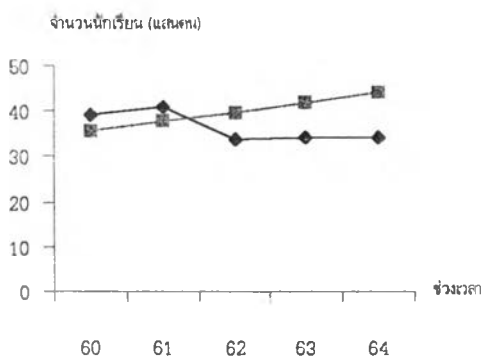
ภาพ 32 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)



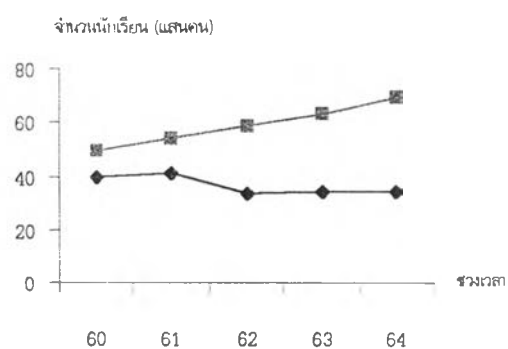
ค. วิธี B-J/2T



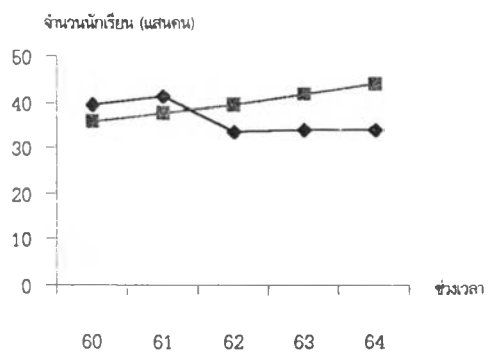
ง. วิธี COMB1



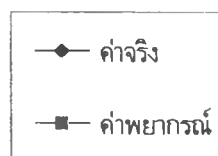
จ. วิธี COMB1/2T



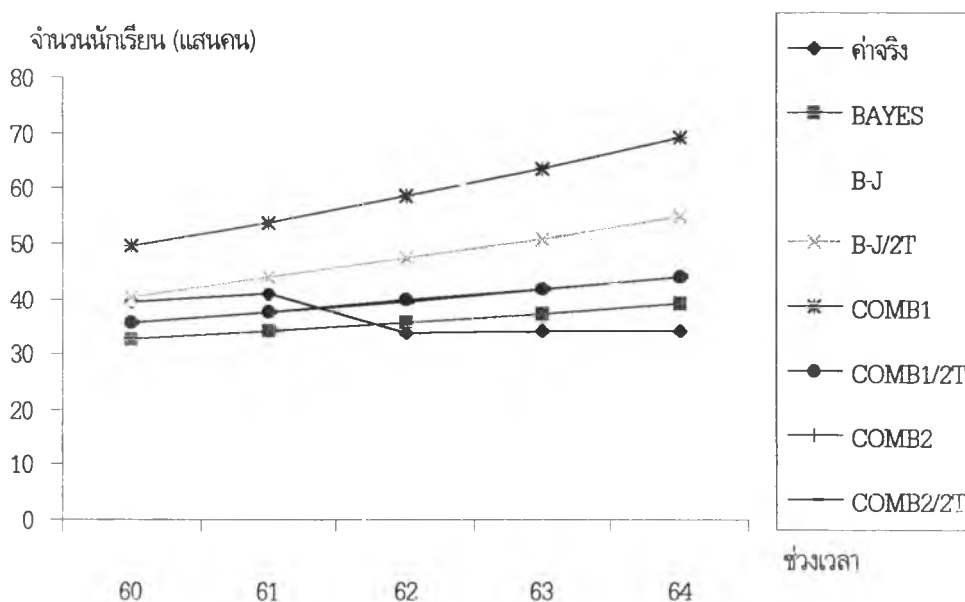
ฉ. วิธี COMB2



ช. วิธี COMB2/2T



ภาพ 32 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์ในแต่ละวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)



ภาพ 33 การเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าพยากรณ์จากทุกวิธีการพยากรณ์ของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

ตอนที่ 6.2 ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์

ในตอนนี้ผู้วิจัยแบ่งผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรก เป็นการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และตอนที่สอง เป็นการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ตอนที่ 6.2.1 การคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

1) ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

ผลการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธี COMB1/2T, วิธี COMB2/2T, วิธี COMB2, วิธี COMB1 และวิธี B-J ให้ค่าพยากรณ์อยู่ในระดับที่เชื่อถือได้ กล่าวคือ วิธี COMB1/2T และวิธี COMB2/2T มีค่า MAPE น้อยที่สุดและมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 22.5463 และ 22.5804 ตามลำดับ วิธีที่มีค่า MAPE รองลงมาจากสองวิธีแรก คือ วิธี COMB2, วิธี COMB1 และวิธี B-J ซึ่งมีค่า MAPE ใกล้เคียงกัน คือ 34.5059, 35.2545 และ 41.2966 ส่วนวิธี BAYES และวิธี B-J/2T มีค่า MAPE สูงมาก คือ 144.5869 และ 298.6751 ตามลำดับ (ตาราง 38)

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีค่า MSE น้อยใกล้เคียงกันเรียงตามลำดับจากค่าน้อยไปหาค่ามาก ได้แก่ วิธี

COMB2 , วิธี COMB1/2T, วิธี COMB2/2T และ วิธี COMB1 คือ 82.1660, 83.0289, 83.1197 และ 83.4807 ตามลำดับ ส่วนวิธี B-J, วิธี BAYES และ วิธี B-J/2T ให้ค่า MSE สูงมากโดยเฉพาะวิธี B-J/2T ให้ค่า MSE คือ 2,513.0339 (ตาราง 38)

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า เกือบทุกวิธีมีค่า ME ไม่ต่างจาก 0 มากนัก ยกเว้นวิธี B-J/2T แสดงว่า ค่าจริงกับค่าพยากรณ์มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน และค่าจริงมีค่าน้อยกว่าค่าพยากรณ์ (ส่วนใหญ่เป็นค่าลบ) ซึ่งวิธีที่มีค่า ME ต่ำใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี COMB1 และ COMB2 ตามลำดับ (ตาราง 38)

จากการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) คือ วิธี COMB1/2T และวิธี COMB2/2T

ตาราง 38 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1)

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MSE	ME
BAYES	144.5869	612.7152	-14.8215
B-J	41.2966	148.5371	-8.7523
B-J/2T	298.6751	2,513.0339	-44.1114
COMB1	35.2545	83.4807	0.5427
COMB1/2T	22.5463	83.0289	-3.9553
COMB2	34.5059	82.1660	0.5461
COMB2/2T	22.5804	83.1197	-3.9661

หมายเหตุ	BAYES	หมายถึง	วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	B-J	หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	B-J/2T	หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	COMB1	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	COMB1/2T	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	COMB2	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	COMB2/2T	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก

2) ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

ผลการคำนวณค่า วัดความถูกต้องของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธี COMB2/2T และวิธี COMB1/2T ให้ค่าพยากรณ์อยู่ในระดับที่มีความถูกต้องมากที่สุด มีค่า MAPE คือ 18.9691 และ 18.9701 ตามลำดับ นอกจากนี้วิธี COMB2, วิธี B-J และวิธี COMB1 ให้ค่าพยากรณ์อยู่ในระดับที่เชื่อถือได้ มีค่า MAPE คือ 20.1288, 21.8927 และ 23.7045 ตามลำดับ ส่วนวิธี B-J/2T และวิธี BAYES มีค่า MAPE ค่อนข้างสูง คือ 61.1155 และ 63.7940 ตามลำดับ (ตาราง 39)

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่ให้ผลการพยากรณ์ที่มีค่า MSE ต่ำใกล้เคียงกันเรียงตามลำดับจากค่าน้อยไปหาค่ามาก คือ วิธี COMB2, วิธี COMB2/2T, วิธี COMB1/2T, วิธี COMB1 และวิธี B-J ส่วนวิธี BAYES และวิธี B-J/2T มีค่า MSE สูง คือ 10.4262 และ 13.9552 (ตาราง 39)

ตาราง 39 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2)

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MSE	ME
BAYES	63.7940	10.4262	-0.5141
B-J	21.8927	4.2014	1.1971
B-J/2T	61.1155	13.9552	1.1307
COMB1	23.7045	3.4140	0.6722
COMB1/2T	18.9701	2.7761	0.4288
COMB2	20.1288	2.6060	0.5711
COMB2/2T	18.9691	2.7758	0.4284

หมายเหตุ	วิธีการพยากรณ์	หมายถึง	วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	BAYES	หมายถึง	วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	B-J	หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	B-J/2T	หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	COMB1	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	COMB1/2T	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	COMB2	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	COMB2/2T	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า ทุกวิธีมีค่า ME ไม่ต่างจาก 0 มากนักและส่วนใหญ่มีค่าเป็นบวก ซึ่งวิธีที่มีค่า ME ต่ำใกล้เคียงกันได้แก่ วิธี COMB2/2T และวิธี COMB1/2T (ตาราง 39)

จากการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาอังกฤษ (BOOK2) คือ วิธี COMB2/2T และวิธี COMB1/2T

3) ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

ผลการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธี COMB1 และวิธี COMB2 ให้ค่าพยากรณ์อยู่ในระดับที่มีความถูกต้องมากที่สุดมีค่า MAPE คือ 10.0142 และ 10.4169 ตามลำดับ นอกจากนี้วิธี B-J, วิธี COMB2/2T และวิธี COMB1/2T ให้ค่าพยากรณ์อยู่ในระดับที่เชื่อถือได้ มีค่า MAPE คือ 20.8131, 40.8311 และ 40.9752 ตามลำดับ ส่วนวิธี B-J/2T มีค่า MAPE ค่อนข้างสูง คือ 97.2917 (ตาราง 40)

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่มีค่า MSE ต่ำใกล้เคียงกัน คือ วิธี COMB1 และ วิธี COMB2 มีค่า MSE คือ 76.6892 และ 91.1363 ตามลำดับ ส่วนวิธี B-J/2T มีค่าสูงมาก คือ 2,226.7631 (ตาราง 40)

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธี COMB1 และวิธี COMB2 มีค่า ME ค่อนข้างต่ำเข้าใกล้ 0 ส่วนวิธี BAYES, วิธี B-J/2T, วิธี COMB1/2T, วิธี COMB2/2T และวิธี B-J มีค่า ME ค่อนข้างสูงเป็นลบ แสดงว่าค่าจริงมีค่าต่ำกว่าค่าพยากรณ์ (ตาราง 40)

จากการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) คือ วิธี COMB1 และวิธี COMB2

ตาราง 40 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MSE	ME
BAYES	57.8858	899.7399	-25.2632
B-J	20.8131	180.6153	-8.5486
B-J/2T	97.2917	2,226.7631	-43.7609
COMB1	10.0142	76.6892	1.2086
COMB1/2T	40.9752	573.0679	-20.7165
COMB2	10.4169	91.1363	3.0583
COMB2/2T	40.8311	569.9001	-20.6460

หมายเหตุ	วิธีการพยากรณ์	หมายถึง	วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	BAYES	หมายถึง	วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	B-J	หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	B-J/2T	หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	COMB1	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	COMB1/2T	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	COMB2	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	COMB2/2T	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก

ตอนที่ 6.2.2 การคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

1) ข้อมูลจำนวนนักเรียนประถมศึกษา (STUDENT1)

ผลการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลจำนวนนักเรียนประถมศึกษา (STUDENT1) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบพบว่า วิธี B-J, วิธี COMB1/2T, วิธี COMB2/2T และวิธี BAYES ให้ค่าพยากรณ์อยู่ในระดับที่มีความถูกต้องมากที่สุด มีค่า MAPE คือ 11.4258, 12.7917, 12.8477 และ 13.2161 ตามลำดับ ส่วนวิธี B-J/2T, วิธี COMB1 และวิธี COMB2 ให้ค่าพยากรณ์อยู่ในระดับที่เชื่อถือได้ มีค่า MAPE คือ 25.36๘๖ และ 26.3071 ตามลำดับ (ตาราง 41)

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบพบว่า วิธี B-J มีค่า MSE ต่ำที่สุด คือ ๖9.5210 และอีกสามวิธีที่มีค่าต่ำรองลงมาและมีค่าใกล้เคียงกันคือ วิธี BAYES, วิธี COMB1/2T และ วิธี COMB2/2T มีค่า MSE คือ 78.1288, 82.0640 และ 82.7200 ตาม

ลำดับ ส่วนวิธี B-J/2T และวิธี COMB1 มีค่า MSE ค่อนข้างสูง คือ 304.7850 และ 244.9411 ตามลำดับ (ตาราง 41)

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีมีค่า ME ใกล้เคียงกันสูงหรือต่ำกว่า 0 ไม่มากนัก ได้แก่ วิธี B-J, วิธี COMB1/2T, วิธี COMB2/2T และวิธี BAYES (ตาราง 41)

จากการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1) คือ วิธี B-J

ตาราง 41 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STUDENT1)

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MSE	ME
BAYES	13.2161	62.4066	-7.8573
B-J	11.4258	59.5210	6.8173
B-J/2T	25.3686	304.7850	15.1408
COMB1	26.3071	244.9411	-15.6497
COMB1/2T	12.7917	82.0640	7.6372
COMB2	26.6037	250.5105	-15.8265
COMB2/2T	12.8477	82.7200	7.6706

หมายเหตุ	วิธีการพยากรณ์	หมายถึง	วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	BAYES	หมายถึง	วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	B-J	หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	B-J/2T	หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	COMB1	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	COMB1/2T	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
	COMB2	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
	COMB2/2T	หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก

2) ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

ผลการคำนวณค่าวัดความถูกต้องของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธี BAYES, วิธี COMB2/2T และวิธี COMB1/2T ให้ค่าพยากรณ์อยู่ในระดับที่มีความถูกต้องมากที่สุด มีค่า MAPE คือ 15.8336, 16.9274 และ 17.0361 นอกจากนี้วิธี B-J และวิธี B-J/2T ให้ค่าพยากรณ์อยู่

ในระดับที่เชื่อถือได้ มีค่า MAPE คือ 28.5772 และ 31.6247 ส่วนวิธี COMB1 และวิธี COMB2 มีค่า MAPE ค่อนข้างสูงเล็กน้อย คือ 63.5270 และ 63.5485 ตามลำดับ (ตาราง 42)

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธี BAYES มีค่า MSE ต่ำที่สุด คือ 34.6203 และอีกสองวิธีที่มีค่าต่ำรองลงมาและมีค่าใกล้เคียงกัน คือ วิธี COMB2/2T และ วิธี COMB1/2T มีค่า MSE คือ 41.4838 และ 42.2612 ตามลำดับ ส่วนวิธี COMB1 และวิธี COMB2 มีค่า MSE ค่อนข้างสูง คือ 588.7573 และ 589.2144 ตามลำดับ (ตาราง 42)

เมื่อใช้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธี BAYES มีค่า ME ต่ำเข้าใกล้ 0 ที่สุด รองลงมาคือ วิธี COMB2/2T และวิธี COMB1/2T ตามลำดับ ส่วนอีกสี่วิธีที่เหลือมีค่า ME ค่อนข้างสูงเป็นลบ แสดงว่าค่าจริงมีค่าต่ำกว่าค่าพยากรณ์ (ตาราง 42)

ตาราง 42 ผลการคำนวณความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2)

วิธีการพยากรณ์	MAPE	MSE	ME
BAYES	15.8336	34.6203	-2.2905
B-J	28.5772	147.0077	-9.8371
B-J/2T	31.6247	177.3815	-10.9094
COMB1	63.5270	588.7573	-22.3581
COMB1/2T	17.0361	42.2612	-3.3102
COMB2	63.5485	589.2144	-22.3655
COMB2/2T	16.9274	41.4838	-3.2186

หมายเหตุ		หมายถึง	
BAYES		หมายถึง	วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
B-J		หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
B-J/2T		หมายถึง	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
COMB1		หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
COMB1/2T		หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก
COMB2		หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่
COMB2/2T		หมายถึง	วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก

จากการใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STUDENT2) คือ วิธี BAYES

ตอนที่ 6.3 สรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

จากการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ของแต่ละชุดข้อมูลในตอนต้นที่ 6.1 และ 6.2 ผู้วิจัยได้นำมาสรุปโดยแยกเป็นกรณีที่มีข้อมูลมีขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ ดังนี้

ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์สำหรับข้อมูลขนาดเล็กและสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม ดังรายละเอียดในตาราง 43

และในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก คือ วิธีพยากรณ์ร่วม และวิธีของเบย์ และสำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ คือ วิธีของเบย์ และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ดังรายละเอียดในตาราง 43

ตาราง 43 สรุปผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์

กรณี	ลำดับที่	ข้อมูลขนาดเล็ก	ข้อมูลขนาดใหญ่
ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดู	1	วิธีการพยากรณ์ร่วม	วิธีการพยากรณ์ร่วม
	2	วิธีของเบย์	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์
	3	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์	วิธีของเบย์
ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดู	1	วิธีการพยากรณ์ร่วม	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์
	1	วิธีของเบย์	วิธีของเบย์
	3	วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์	วิธีการพยากรณ์ร่วม

ตอนที่ 7 ผลการพยากรณ์ล่วงหน้า

สาระในตอนนี้เป็น การนำเสนอผลการพยากรณ์ 12 ช่วงเวลาล่วงหน้าสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และ 5 ช่วงเวลาล่วงหน้าสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรก เป็นการนำเสนอข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และตอนที่สอง เป็นการนำเสนอข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 7.1 ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือภาษาไทย (BOOK1) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมมุติเฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม โดยให้น้ำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB1/2T) ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters smoothing: HWS) และวิธีการ

วิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) 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 พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ วิธีการพยากรณ์ร่วม โดยให้นำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 2 สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (COMB2/2T) ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters smoothing: HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) 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 พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ วิธีการพยากรณ์ร่วมโดยให้นำหนักแบบของ Newbold และ Granger แบบที่ 1 สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (COMB1) ซึ่งได้จากการรวมกันของวิธีปรับให้เรียบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (Holt-Winters smoothing: HWS) และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (Regression analysis: REG) 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

ตอนที่ 7.2 ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ข้อมูลจำนวนนักเรียนประถมศึกษา (STUDENT1) เมื่อใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ สำหรับข้อมูลขนาดใหญ่ (B-J) 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 พบว่า วิธีที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ วิธีของเบย์สำหรับข้อมูลขนาดเล็ก (BAYES) ได้ค่าพยากรณ์ 5 ปีล่วงหน้า ในปี 2544 ถึง 2548 คือ 39.46022, 40.95626, 42.50902, 44.12065 และ 45.79338 แสนคน ตามลำดับ

ตอนที่ 8 ผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์เพื่อตอบสนองสมมติฐาน

สาระในตอนนี้ผู้วิจัยจะนำผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ในตอน 6 มานำเสนออีกครั้งเพื่อตอบสนองสมมติฐานที่ผู้วิจัยได้ตั้งไว้ 2 ประการ คือ

1. ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก วิธีการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุดหรือมีความถูกต้องในการพยากรณ์มากที่สุด คือ วิธีของเบย์ (Bayesian method) รองลงมาคือ วิธีการพยากรณ์ร่วม (combined forecasting) และวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins: B-J) ตามลำดับ

2. ในกรณีข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลสำหรับข้อมูลขนาดเล็ก วิธีการพยากรณ์ทั้งสามวิธีมีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์หรือมีความถูกต้องในการพยากรณ์ไม่แตกต่างกัน

จากผลการเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ สามารถตอบสนองสมมติฐานทั้ง 2 ประการ ได้ดังนี้

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

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