

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ระหว่างวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำ ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาทางการศึกษาที่ไม่คงที่ โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบจากค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า ซึ่งได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 และการพยากรณ์อนุกรมเวลาทางการศึกษาที่ไม่คงที่ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 4 ตอน ตามขั้นตอนการวิเคราะห์ที่เสนอไว้ในบทที่ 3 ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาเบื้องต้น ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ ความโด่ง และค่าการกระจายของข้อมูล

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลของข้อมูลอนุกรมเวลา

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำ และพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา

ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาเบื้องต้น

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนีเพื่อให้ทราบลักษณะการแจกแจงและการกระจายของข้อมูลอนุกรมเวลา โดยผู้วิจัยได้นำเสนอค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความเบ้ ความโด่ง และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย เมื่อพิจารณาข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) และจำนวนผู้ใช้บริการ (VISITOR) พบว่า ในส่วนของปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์ วิทยานิพนธ์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนหนังสือสำรองมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่าหนังสือสำรองมีการกระจายสูงสุด และวิทยานิพนธ์มีการกระจายต่ำสุด ส่วนผู้ใช้บริการ พบว่ามีสัมประสิทธิ์การกระจายสูง เมื่อพิจารณาการแจกแจงของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด พบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป หนังสือสำรอง และจำนวนผู้ใช้บริการมีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ส่วนข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย โดยข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้ใช้บริการมีความโด่งสูง

กว่าปกติ ส่วนปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป หนังสือสำรอง และวิทยานิพนธ์ มีความโด่งต่ำกว่าปกติ ดังรายละเอียดในตาราง 10

ตาราง 10 การแจกแจงและการกระจายของข้อมูลอนุกรมเวลา

อนุกรมเวลา	N	MIN	MAX	\bar{X}	SD	SK	KU	CV
หนังสือทั่วไป	90	100	8,135	3,693.00	1,959.67	.070	-.572	53.06
หนังสือสำรอง	48	16	421	157.94	106.19	.771	-.251	67.23
วิทยานิพนธ์	90	1,310	12,818	7,209.22	2,578.92	-.050	-.440	35.77
ผู้เข้าใช้บริการ	88	1,684	84,302	15,991.28	15,388.17	2.901	9.247	96.23

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบความคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยในตอนนี้ เพื่อให้ทราบโมเดล และลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด โดยผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟ และตอนที่ 2 ตรวจสอบโดยการวิเคราะห์การถดถอย ดังนี้

ตอนที่ 2.1 ผลการตรวจสอบความคงที่ การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟ

การตรวจสอบในตอนนี้ เป็นการนำค่าสังเกตของข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุด รวม 4 ชุด ที่เสนอไว้ในตาราง 11-14 มาพล็อตกราฟแสดงความคงที่ และการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา จากการพล็อตกราฟ พบว่า อนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด มีรูปแบบที่ไม่คงที่ ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) มีแนวโน้มควอดราติก (quadratic) ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ดังรายละเอียดในแผนภาพ 8-11

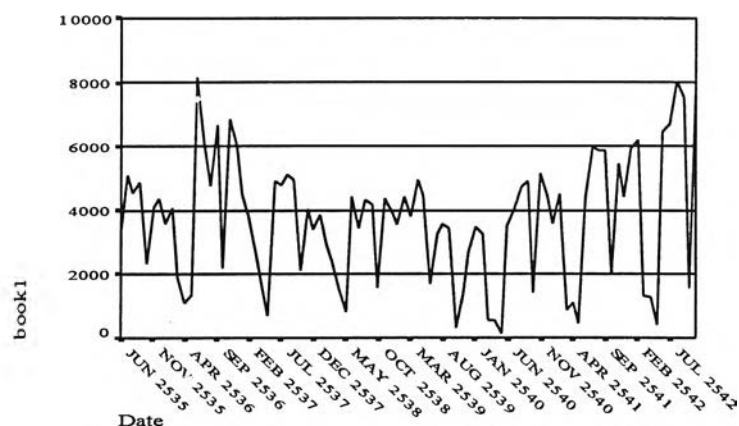
ตอนที่ 2.2 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการวิเคราะห์การถดถอย

การตรวจสอบในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด ว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลา 4 ชุดนี้ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือน จากการพล็อตกราฟอนุกรมเวลาทั้ง 4 ชุด ในตอนที่

2.1 พบว่า อนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) มีแนวโน้มควอดราติก ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) มีแนวโน้มเป็นเส้นตรง ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์การถดถอย เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุดมีแนวโน้มดังกล่าวข้างต้นจริงหรือไม่

ตาราง 11 ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1)

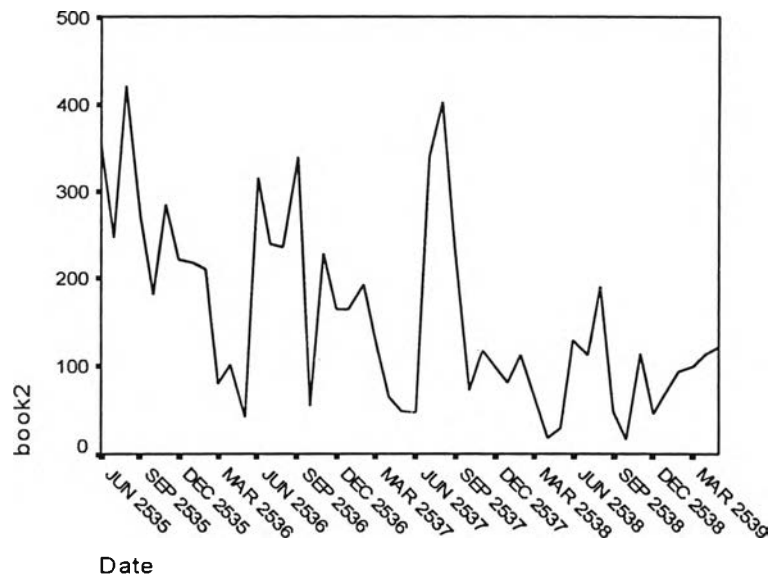
เดือน	ปีการศึกษา							
	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
มิถุนายน	3411	8135	4878	4436	1683	3520	4426	6446
กรกฎาคม	5056	6089	4780	3447	3255	4027	5971	6687
สิงหาคม	4546	4732	5102	4319	3564	4720	5886	8038
กันยายน	4852	6677	4917	4156	3443	4879	5852	7553
ตุลาคม	2332	2192	2109	1543	296	1425	2010	1546
พฤศจิกายน	4111	6853	4034	4330	1389	5155	5427	7681
ธันวาคม	4357	6011	3399	3962	2698	4406	4410	
มกราคม	3600	4480	3825	3558	3461	3599	5945	
กุมภาพันธ์	4052	3792	2883	4407	3254	4508	6193	
มีนาคม	1876	2718	2391	3792	534	861	1306	
เมษายน	1091	1492	1538	4938	544	1096	1251	
พฤษภาคม	1330	701	800	4467	100	421	407	



แผนภาพ 8 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1)

ตาราง 12 ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2)

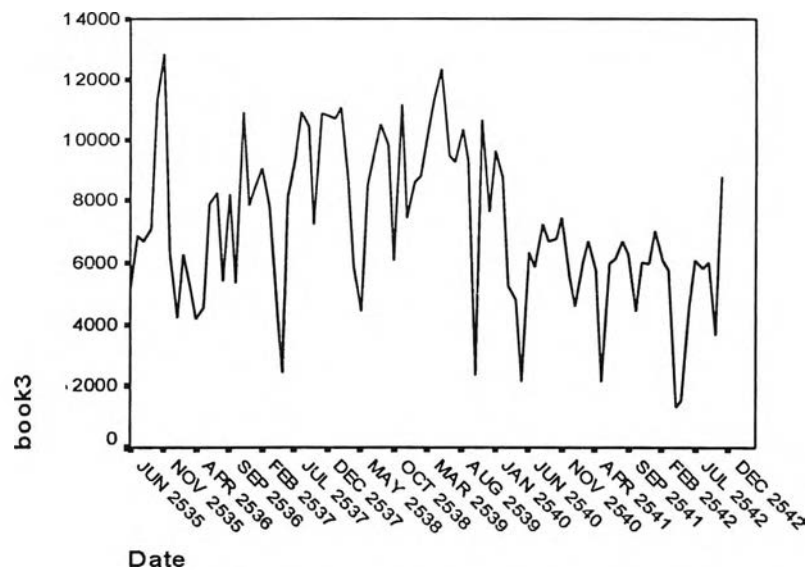
เดือน	ปีการศึกษา			
	2535	2536	2537	2538
มิถุนายน	352	316	48	129
กรกฎาคม	247	239	339	113
สิงหาคม	421	236	402	190
กันยายน	270	338	238	49
ตุลาคม	181	55	72	16
พฤศจิกายน	285	228	118	115
ธันวาคม	221	164	99	46
มกราคม	217	165	82	70
กุมภาพันธ์	210	192	112	94
มีนาคม	80	127	64	100
เมษายน	102	65	19	114
พฤษภาคม	41	49	29	122



แผนภาพ 9 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2)

ตาราง 13 ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

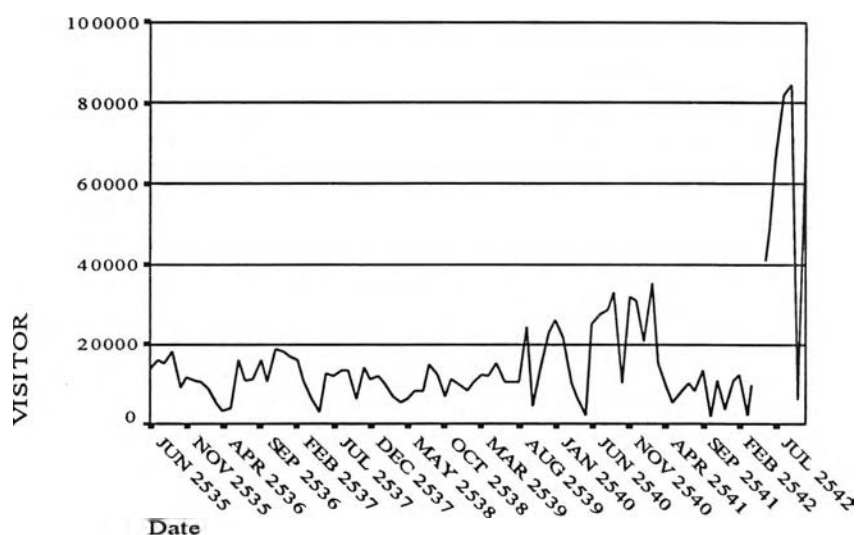
เดือน	ปีการศึกษา							
	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
มิถุนายน	5127	7881	8122	8526	9446	6318	5954	4597
กรกฎาคม	6865	8236	9434	9638	9289	5859	6095	6075
สิงหาคม	6682	5377	10912	10474	10324	7253	6670	5803
กันยายน	7096	8206	10428	9821	9328	6653	6250	6015
ตุลาคม	11327	5327	7238	6039	2344	6763	4435	3659
พฤศจิกายน	12818	10913	10846	11128	10642	7421	5997	8831
ธันวาคม	6245	7864	10780	7419	7648	5565	5957	
มกราคม	4230	8545	10715	8598	9626	4560	7028	
กุมภาพันธ์	6258	9055	11053	8823	8735	6018	6072	
มีนาคม	5086	7794	8635	10349	5238	6672	5757	
เมษายน	4151	5344	5833	11373	4778	5734	1310	
พฤษภาคม	4512	2421	4444	12313	2155	2124	1531	



แผนภาพ 10 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

ตาราง 14 จำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR)

เดือน	ปีการศึกษา							
	2535	2536	2537	2538	2539	2540	2541	2542
มิถุนายน	13930	16053	12804	8496	10604	25048	7877	48535
กรกฎาคม	15810	10899	12090	8470	10568	27373	10293	65859
สิงหาคม	15075	11177	13583	14726	10394	28731	8452	81756
กันยายน	17995	15786	13370	12459	24447	33136	13321	84302
ตุลาคม	8924	10374	6259	6963	4203	10088	1684	6132
พฤศจิกายน	11588	18902	14131	11391	14347	31829	11050	68639
ธันวาคม	11029	18167	11219	9934	22762	30712	3451	
มกราคม	10496	16921	11917	8401	26248	20653	10696	
กุมภาพันธ์	8573	16051	9969	10433	21607	35028	12382	
มีนาคม	5245	10948	6909	12459	9998	15252	2154	
เมษายน	3094	6090	5254	11984	6517	8919	-	
พฤษภาคม	3889	2891	6129	15271	2286	5372	-	



แผนภาพ 11 การเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR)

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งมีขั้นตอนในการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เป็นการตรวจสอบว่าอนุกรมเวลามีแนวโน้มหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial F-test เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม

จากการตรวจสอบโมเดลแบบบวกโดยใช้ partial F พบว่าปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) แสดงแนวโน้มควอดราติก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) แสดงแนวโน้มแบบเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังรายละเอียดในตาราง 15

จากการตรวจสอบโมเดลแบบคูณโดยใช้ partial F พบว่าปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) และจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) แสดงแนวโน้มควอดราติก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .05 ตามลำดับ ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) แสดงแนวโน้มแบบเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) พบว่ายอมรับสมมติฐานหลัก แสดงว่าปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังรายละเอียดในตาราง 15

ขั้นที่ 2 เป็นการตรวจสอบว่าอนุกรมเวลามีเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial F-test เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

โดยอาศัยผลการตรวจสอบจากขั้นที่ 1 ทำการตรวจสอบในขั้นที่ 2 เมื่อพบว่าในขั้นที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม

จากการตรวจสอบโมเดลแบบบวกโดยใช้ partial F พบว่าปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการ

เปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01, .01, .01 และ .05 ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตาราง 15

จากการตรวจสอบโมเดลแบบคูณโดยใช้ partial F พบว่าปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก แสดงว่าข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) วิทยานิพนธ์ (BOOK3) และผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) พบว่าปฏิเสธสมมติฐานหลักเช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากการตรวจสอบในขั้นที่ 1 พบว่าปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม แสดงว่าปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลเพียงอย่างเดียว ดังรายละเอียดในตาราง 15

ตาราง 15 ผลการตรวจสอบแนวโน้มและฤดูกาลโดยใช้ partial F-test

อนุกรมเวลา	โมเดลแบบบวก		โมเดลแบบคูณ	
	แนวโน้ม	ฤดูกาล	แนวโน้ม	ฤดูกาล
หนังสือทั่วไป	6.427**	10.454**	2.507	11.601**
หนังสือสำรอง	12.420**	3.898**	9.512**	3.178**
วิทยานิพนธ์	20.634**	4.752**	19.103**	6.376**
ผู้เข้าใช้บริการ	16.314**	1.836*	3.478*	4.396**

** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาการรวมกันของโมเดลโดยการพิจารณาจากค่า R^2 พบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) และหนังสือสำรอง (BOOK2) มีการรวมกันแบบบวก ซึ่งโมเดลแบบบวกสามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) และหนังสือสำรอง (BOOK2) ได้ 63.7% และ 68.8% ส่วนข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) และผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) มีการรวมกันของโมเดลแบบคูณ ซึ่งโมเดลแบบคูณสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) และผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ได้ 58.0% และ 44.3% ดังรายละเอียดในตาราง 16

ตาราง 16 ค่า R² ประกอบการพิจารณาเลือกลักษณะการรวมโมเดลของอนุกรมเวลา

อนุกรมเวลา	โมเดลแบบบวก			โมเดลแบบคูณ		
	แนวโน้ม	ฤดูกาล	แนวโน้มและ ฤดูกาล	แนวโน้ม	ฤดูกาล	แนวโน้มและ ฤดูกาล
หนังสือทั่วไป	.088	.576	.637	.045	.621	.644
หนังสือสำรอง	.341	.495	.688	.296	.458	.653
วิทยานิพนธ์	.225	.285	.533	.193	.369	.580
ผู้เข้าใช้บริการ	.287	.193	.440	.078	.390	.443

แนวโน้ม หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก (BOOK1, BOOK3 และ VISITOR) แบบเส้นตรง (BOOK2)

ฤดูกาล หมายถึง การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

แนวโน้มและฤดูกาล หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก (BOOK1, BOOK3 และ VISITOR) แบบเส้นตรง (BOOK2) และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้

ในตอนนี้นำผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ เพื่อพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา 3 ชุด ได้แก่ ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) โดยผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 ตอน ตอนแรกเป็นผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาทั้ง 3 ชุด ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ตอนที่ 2 เป็นผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาทั้ง 3 ชุด ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง และตอนที่ 3 เป็นผลการวิเคราะห์อนุกรมเวลาทั้ง 3 ชุด ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ ในแต่ละตอนผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของบ็อกซ์และเจนกินส์ เริ่มตั้งแต่การกำหนดโมเดล การประมาณค่าพารามิเตอร์ การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล และการนำโมเดลที่เหมาะสมไปพยากรณ์ค่าในอนาคต ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ในแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

จากผลการวิเคราะห์ในตอน 2 พบว่า ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยที่โมเดลของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือ



ทั่วไป (BOOK1) และหนังสือสำรอง (BOOK2) มีการรวมกันแบบบวก ส่วนปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีการรวมกันแบบคูณ ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผู้วิจัยเปลี่ยนโมเดลแบบคูณให้อยู่ในรูปแบบบวกโดยการใช้ลอการิทึม แล้ววิเคราะห์ตามขั้นตอนของวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ต่อไป ผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 3 ตอน ตอนแรกเป็นผลการวิเคราะห์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) ตอนที่ 2 เป็นผลการวิเคราะห์ของข้อมูลปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) ตอนที่ 3 เป็นผลการวิเคราะห์ของข้อมูลปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.1.1 ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1)

3.1.1.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) ในตาราง 11 มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่า r_1 และ r_{12} มีค่าสูง แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลดังแผนภาพ 12 ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตอนต้นที่ 2 ในตอนนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่โดยการหาผลต่าง (regular differencing) และหาผลต่างฤดูกาล (seasonal differencing)

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแปลงอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 2 (เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มควอดราติก) และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 2 และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 เมื่อนำโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 2 และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มารวมกันจะได้โมเดล ARIMA(p,d,q)×SARIMA(P,D,Q)₁₂ จากลักษณะคอเรโลแกรมของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่พบว่า r_k ของผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็วดังแผนภาพ 13 แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาคงที่ $r_k = 0$ สำหรับ $k = 2, 3, \dots$ และ r_{kk} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 โดย $r_{kk} = 0$ สำหรับ $k = 24, 36, \dots$ ดังนั้นโมเดลที่เป็นไปได้คือ $Z_t \sim \text{ARIMA}(0,2,1) \times \text{SARIMA}(1,1,0)_{12}$ หรือ $Z_t \sim \text{IMA}(2,1) \times \text{SARI}(1,1)_{12}$ หรือ $W_t \sim \text{MA}(1) \times \text{SAR}(1)_{12}$ เขียนเป็นโมเดลของ w_t ได้เป็น

$$w_t = \phi_{12} w_{t-12} + e_t - \theta_1 e_{t-1}$$

โดย $W_t = \nabla^2 \nabla_{12} Z_t = Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2} - Z_{t-12} + 2Z_{t-13} - Z_{t-14}$
 เมื่อ Z_t แทน อนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าในขั้นต่อไป

MODEL: MOD_1.
 Autocorrelations: BOOK1 book1
 Auto- Stand.

Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	B x-Ljung	Prob.
1	.305	.104					***	**				8.661	.003
2	.117	.103					**	.				9.952	.007
3	-.119	.103					**	.				11.308	.010
4	-.214	.102					****	.				15.722	.003
5	.167	.101					***	.				18.424	.002
6	.045	.101					*	.				18.623	.005
7	.108	.100					**	.				19.794	.006
8	-.246	.100					*.***	.				25.884	.001
9	-.108	.099					**	.				27.081	.001
10	.000	.098					*	.				27.081	.003
11	.119	.098					**	.				28.557	.003
12	.468	.097					***	*****				51.835	.000
13	.100	.096					**	.				52.906	.000
14	.046	.096					*	.				53.135	.000
15	-.174	.095					***	.				56.468	.000
16	-.184	.095					****	.				60.266	.000
17	.022	.094					*	.				60.323	.000
18	.014	.093					*	.				60.347	.000
19	.097	.093					**	.				61.449	.000
20	-.172	.092					***	.				64.963	.000
21	-.092	.091					**	.				65.975	.000
22	-.078	.091					**	.				66.716	.000
23	.013	.090					*	.				66.737	.000
24	.275	.089					***	*				76.202	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 90 Computable first lags: 89

แผนภาพ 12 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป

3.1.1.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ โมเดล $W_t \sim MA(1)$

$xSAR(1)_{12}$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\theta}_1 = 0.757$, $\hat{\phi}_{12} = -0.413$ และมีค่า $S_e^2 = 3,066,442.5$ จะ
 ได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{w}_t = -0.413w_{t-12} + e_t - 0.757e_{t-1}$$

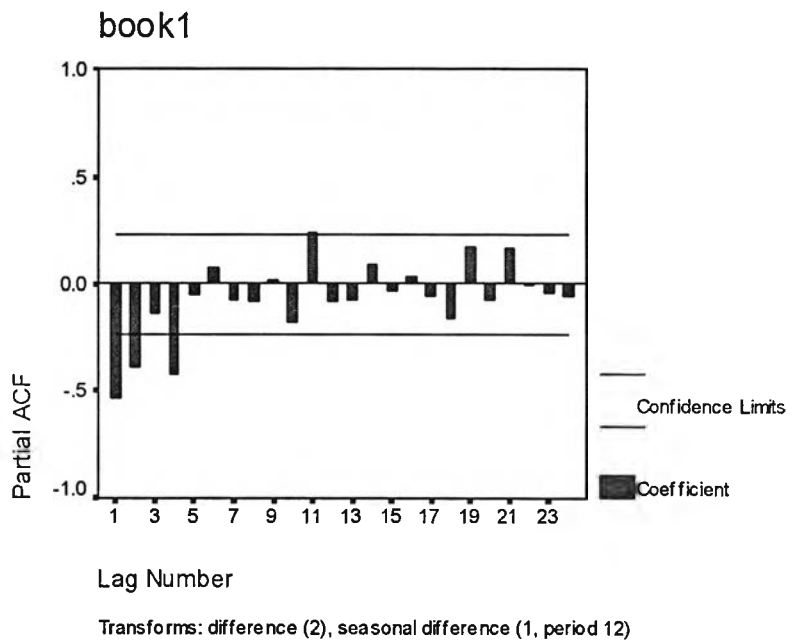
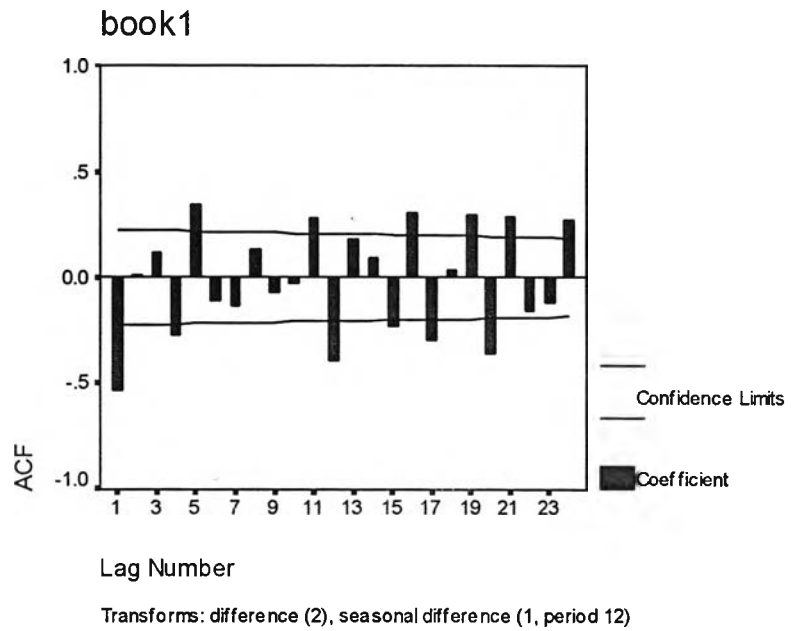
นั่นคือ $\hat{w}_{90} = -0.413w_{78} + e_{90} - 0.757e_{89}$

เมื่อ w_t แทน ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปที่ผ่านการหาผลต่าง

e_t แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา

91, 92, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นต่อไป



แผนภาพ 13 ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของการ
หาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป

3.1.1.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้การทดสอบแบบ partial t เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \theta_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_0: \phi_{12} = 0$$

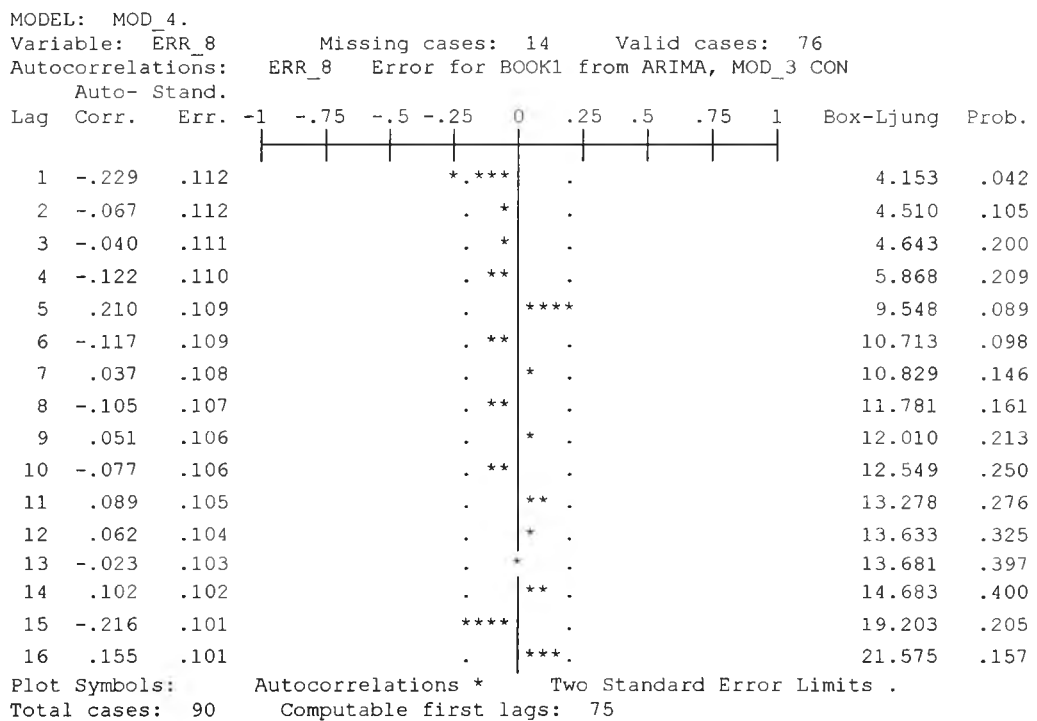
$$H_1: \theta_1 \neq 0 \quad \quad \quad H_1: \phi_{12} \neq 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสองการทดสอบ โดยมีค่า $t = 5.825$ ($p = 0.000$) และ $t = -3.768$ ($p = 0.000$) ตามลำดับ แสดงว่าโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ มีความเหมาะสม นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1: \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ยอมรับสมมติฐานหลักโดยมีค่า $Q_6 = 10.713$ ($p = 0.098$) และ $Q_{12} = 13.633$ ($p = 0.325$) ดังแผนภาพ 14 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่าเป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้



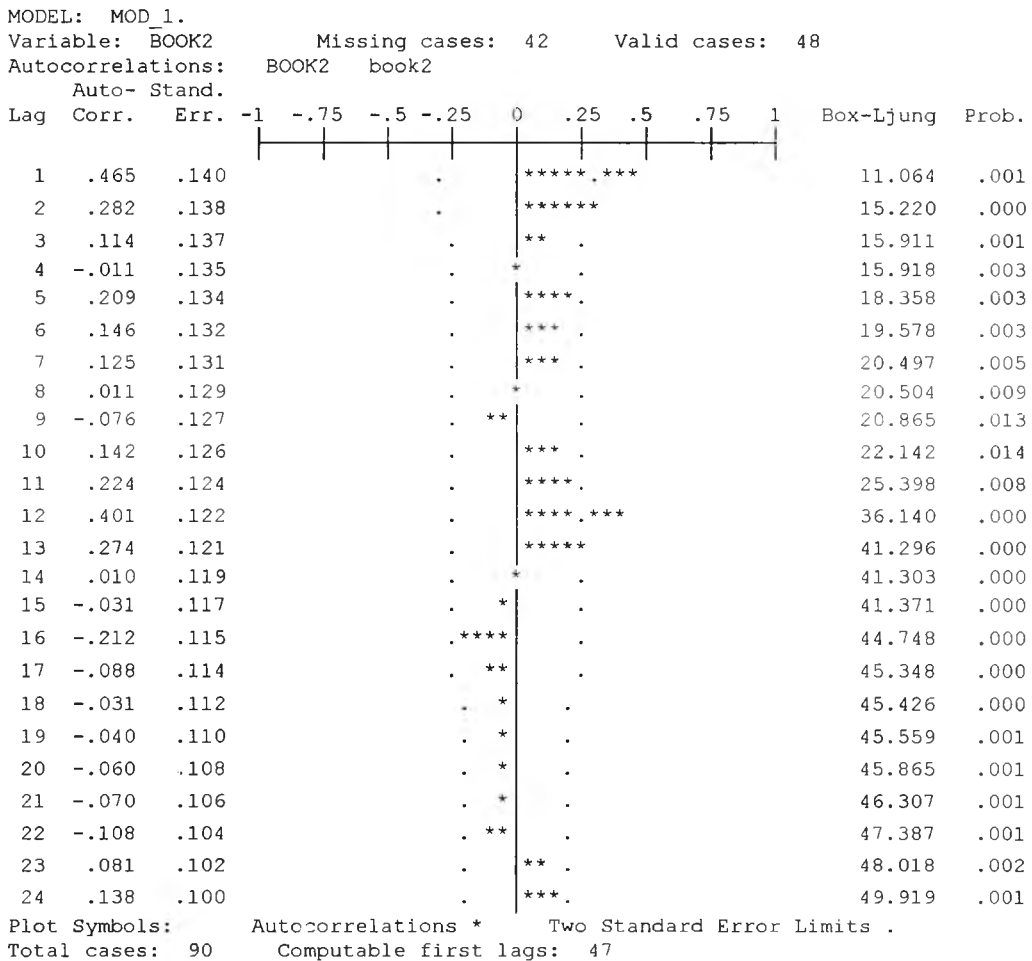
แผนภาพ 14 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$

3.1.1.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำสมการพยากรณ์ที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่

เดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนเมษายน 2543 ผลการพยากรณ์พบว่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล้วลดลงในเดือนมีนาคม 2543 หลังจากนั้นแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังรายละเอียดในตาราง 17

3.1.2 ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2)

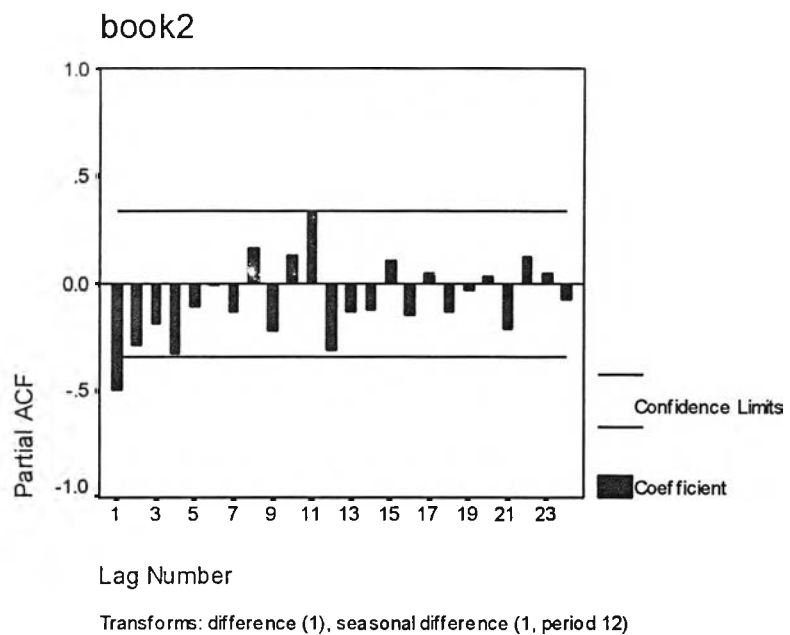
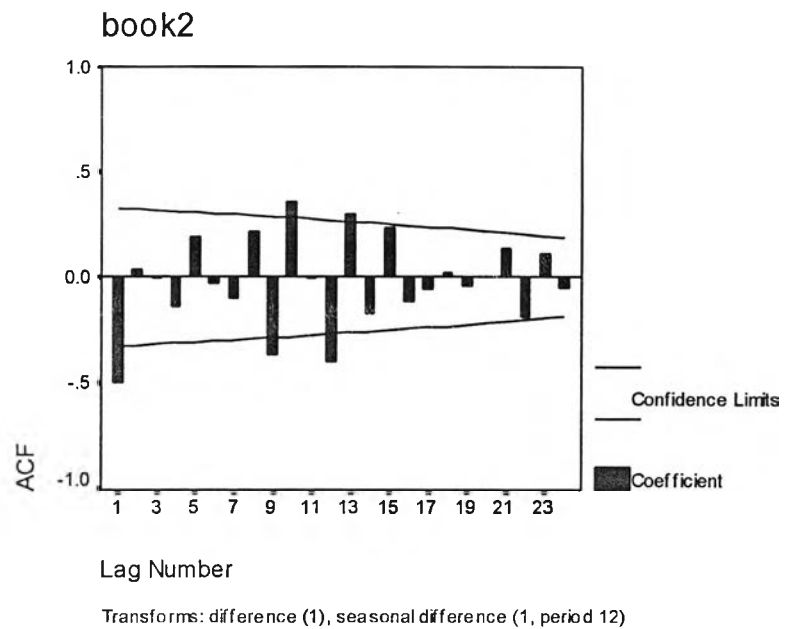
3.1.2.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) ในตาราง 12 มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่า r_1 และ r_{12} มีค่าสูง แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมที่ไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลดังภาพ 15 ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตอนต้นที่ 2 ในตอนนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปที่คงที่ โดยการหาผลต่าง และผลต่างฤดูกาล



แผนภาพ 15 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรอง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาให้อยู่ในรูปคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่

1 โมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 เมื่อนำโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 1 และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มารวมกันจะได้โมเดล ARIMA(p,d,q) x SARIMA(P,D,Q)₁₂ จากลักษณะคอเรลโลแกรมของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ดังแผนภาพ 16 แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาคงที่ $r_k = 0$ สำหรับ $k = 2, 3, \dots$ และ r_{kk} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 โดย $r_{kk} = 0$ สำหรับ $k = 24, 36, \dots$ ดังนั้น



แผนภาพ 16 ลักษณะของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของปริมาณการยืมหนังสือสำรอง

โมเดลที่เป็นไปได้คือ $Z_t \sim \text{ARIMA}(1,1,0) \times \text{SARIMA}(1,1,0)_{12}$ หรือ $Z_t \sim \text{ARI}(1,1) \times \text{SARI}(1,1)_{12}$ หรือ $W_t \sim \text{AR}(1) \times \text{SAR}(1)_{12}$ เขียนเป็นโมเดลของ w_t ได้เป็น

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \phi_{12} w_{t-12} - \phi_1 \phi_{12} w_{t-13} + e_t$$

โดย $w_t = \nabla \nabla_{12} Z_t = Z_t - Z_{t-1} - Z_{t-12} + Z_{t-13}$

เมื่อ Z_t แทน อนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรอง

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าในขั้นต่อไป

3.1.2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ โมเดล $W_t \sim \text{AR}(1) \times \text{SAR}(1)_{12}$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดลดังนี้ $\hat{\phi}_1 = -0.560$, $\hat{\phi}_{12} = -0.564$ และมีค่า $S_0^2 = 9,217.961$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{w}_t = -0.560 w_{t-1} - 0.564 w_{t-12} - 0.316 w_{t-13} + e_t$$

นั่นคือ

$$\hat{w}_{48} = -0.560 w_{47} - 0.564 w_{36} - 0.316 w_{35} + e_{48}$$

เมื่อ w_t แทน ปริมาณการยืมหนังสือสำรองที่ผ่านการหาผลต่าง

e_t แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จะมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา 49, 50, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นต่อไป

3.1.2.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้การทดสอบแบบ partial t-test เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \phi_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_0 : \phi_{12} = 0$$

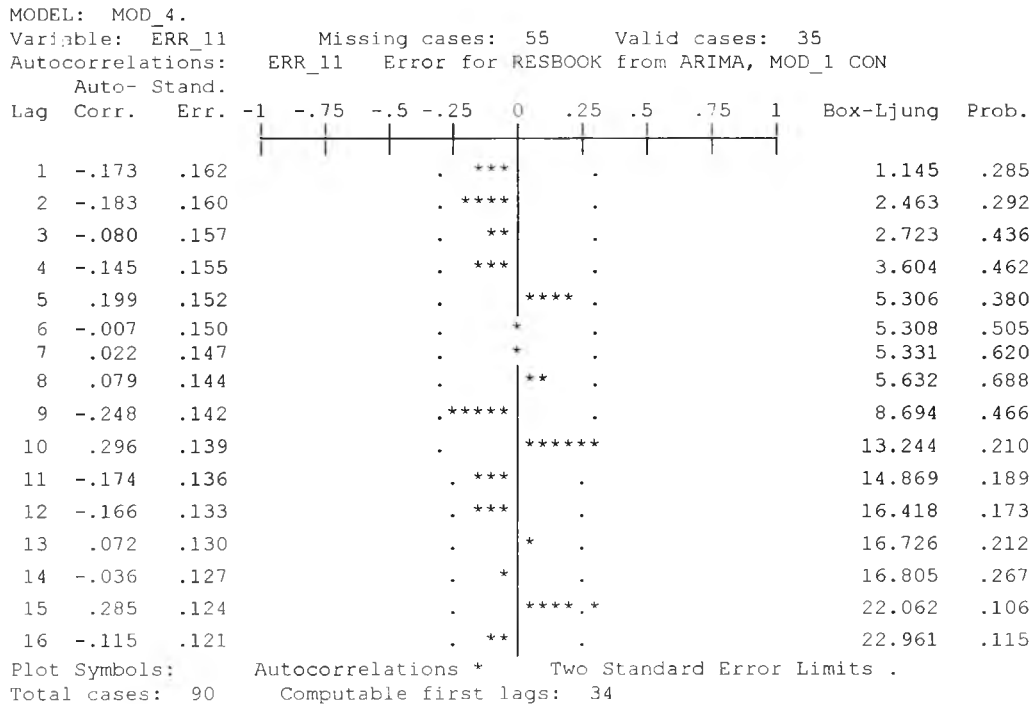
$$H_1 : \phi_1 \neq 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \phi_{12} \neq 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสองการทดสอบ โดยมีค่า $t = -3.896$ ($p = 0.000$) และ $t = -3.460$ ($p = 0.002$) ตามลำดับ แสดงว่าโมเดล $\text{AR}(1) \times \text{SAR}(1)_{12}$ มีความเหมาะสม นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ยอมรับสมมติฐานหลักโดยมีค่า $Q_6 = 5.308$ ($p = 0.505$) และ $Q_{12} = 16.418$ ($p = 0.173$) ดังแผนภาพ 17 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่าเป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้



แผนภาพ 17 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$

3.1.2.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำสมการพยากรณ์ที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือสำรองในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2539 ถึงตุลาคม 2539 ผลการพยากรณ์พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงเดือนสิงหาคม 2539 หลังจากนั้นแนวโน้มลดลง ดังรายละเอียดในตาราง 17

3.1.3 ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

3.1.3.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ในตาราง 13 มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบบวกโดยใช้ลอการิทึม และวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่า r_1 และ r_{12} มีค่าสูงดังแผนภาพ 18 แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตอนต้นที่ 2

ในตอนนี้อันผู้วิจัยได้ทำการแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้ให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่โดยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล

MODEL: MOD_2.
 Variable: BOOK3 Missing cases: 5 Valid cases: 90
 Autocorrelations: BOOK3 book3
 Transformations: natural log
 Auto- Stand.

Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	.410	.104					***	****				15.660	.000
2	.197	.103					****					19.325	.000
3	.057	.103					*	.				19.633	.000
4	.089	.102					**	.				20.403	.000
5	.177	.101					****					23.440	.000
6	.103	.101					**	.				24.482	.000
7	.198	.100					****					28.409	.000
8	.089	.100					**	.				29.217	.000
9	.101	.099					**	.				30.268	.000
10	.077	.098					**	.				30.876	.001
11	.152	.098					****					33.304	.000
12	.343	.097					****	***				45.809	.000
13	.109	.096					**	.				47.093	.000
14	.095	.096					**	.				48.074	.000
15	.085	.095					**	.				48.878	.000
16	.080	.095					**	.				49.603	.000
17	.145	.094					****	.				51.989	.000
18	-.066	.093					*	.				52.495	.000
19	.074	.093					*	.				53.129	.000
20	-.067	.092					*	.				53.658	.000
21	-.028	.091					*	.				53.750	.000
22	-.041	.091					*	.				53.951	.000
23	.062	.090					*	.				54.430	.000
24	.186	.089					****					58.786	.000

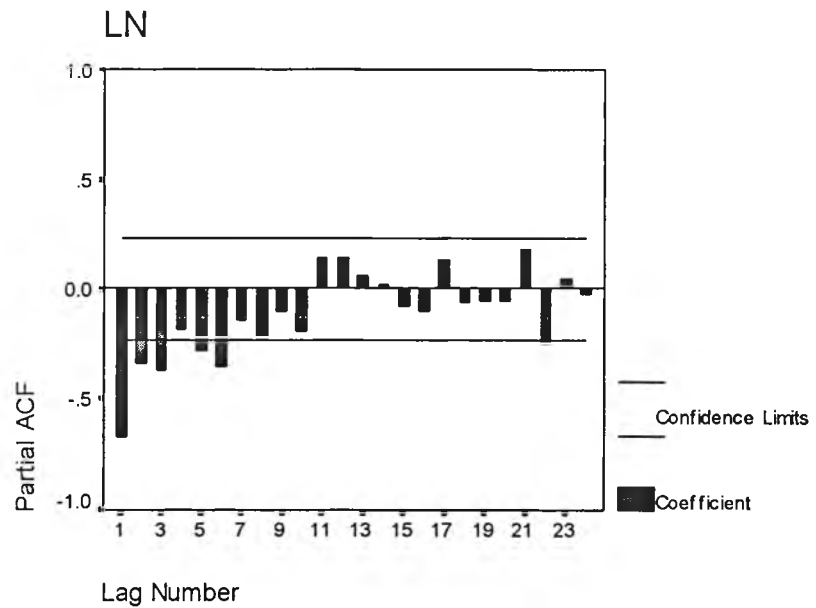
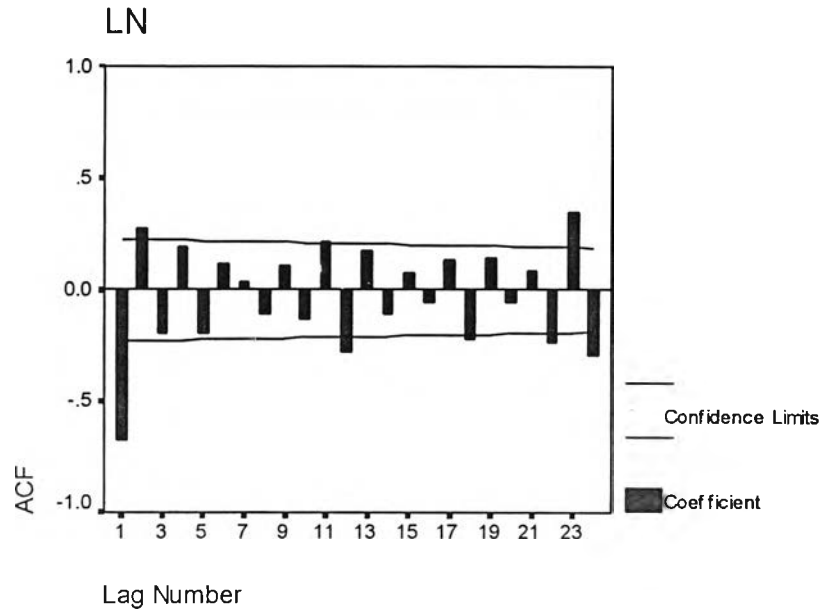
Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 95 Computable first lags: 89

แผนภาพ 18 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงแปลงให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 2 และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 เมื่อนำโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 2 และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มารวมกันจะได้โมเดล ARIMA(p,d,q) x SARIMA(P,D,Q)₁₂ จากลักษณะคอเรลโลแกรมของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ดังแผนภาพ 19 แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาคงที่ $r_k = 0$ สำหรับ $k = 2, 3, \dots$ และ r_{kk} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 โดย $r_{kk} = 0$ สำหรับ $k = 24, 36, \dots$ ดังนั้นโมเดล

ที่เป็นไปได้คือ $Z_t \sim \text{ARIMA}(2,2,0) \times \text{SARIMA}(1,1,0)_{12}$ หรือ $Z_t \sim \text{ARI}(2,2) \times \text{SARI}(1,1)_{12}$ หรือ $W_t \sim \text{AR}(2) \times \text{SAR}(1)_{12}$ เขียนเป็นโมเดลของ w_t ได้เป็น

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \phi_2 w_{t-2} + \phi_{12} w_{t-12} - \phi_1 \phi_{12} w_{t-13} - \phi_2 \phi_{12} w_{t-14} + e_t$$



แผนภาพ 19 ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของการ
 หาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์

โดย $W_t = \nabla^2 \nabla_{12} Z_t = Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2} - Z_{t-12} + 2Z_{t-13} - Z_{t-14}$
 เมื่อ Z_t แทน อนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมชมวิทยาลัย

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ในขั้นต่อไป

3.1.3.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ โมเดล $W_t \sim \text{AR}(2) \times \text{SAR}(1)_{12}$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\phi}_1 = -0.858$, $\hat{\phi}_2 = -0.288$, $\hat{\phi}_{12} = -0.449$ และมีค่า $S_e^2 = 0.318$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{w}_t = -0.858w_{t-1} - 0.288w_{t-2} - 0.449w_{t-12} - 0.385w_{t-13} - 0.129w_{t-14} + e_t$$

นั่นคือ $\hat{w}_{90} = -0.858w_{89} - 0.288w_{88} - 0.449w_{78} - 0.385w_{77} - 0.129w_{76} + e_{90}$

เมื่อ w_t แทน ปริมาณการเยี่ยมชมวิทยาลัย
 e_t แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา 91, 92, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นต่อไป

3.1.3.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้ t-ratio เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \phi_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_0: \phi_2 = 0 \quad \text{และ} \quad H_0: \phi_{12} = 0$$

$$H_1: \phi_1 \neq 0 \quad \quad H_1: \phi_2 \neq 0 \quad \quad H_1: \phi_{12} \neq 0$$

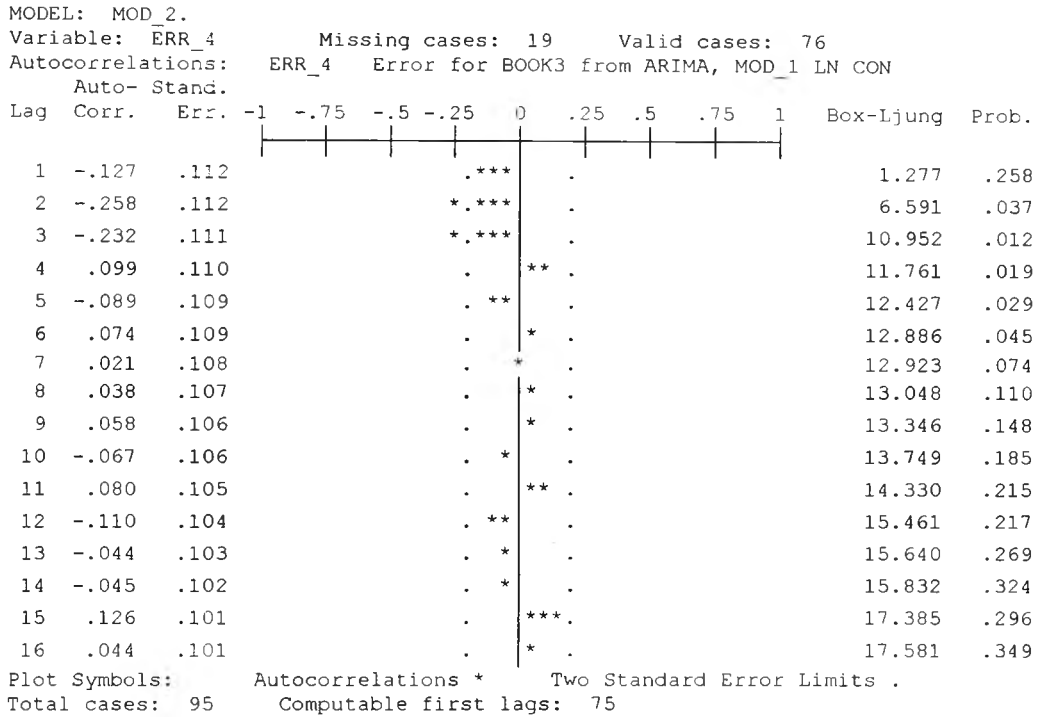
ผลการทดสอบพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสองการทดสอบ โดยมีค่า $t = -7.657$ ($p = 0.000$), $t = -2.556$ ($p = 0.013$) และ $t = -3.949$ ($p = 0.000$) ตามลำดับ แสดงว่าโมเดล $\text{AR}(2) \times \text{SAR}(1)_{12}$ มีความเหมาะสม นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1: \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ยอมรับสมมติฐานหลักโดยมีค่า $Q_6 = 12.886$ ($p = 0.045$) และ $Q_{12} = 15.461$ ($p = 0.217$) ดังแผนภาพ 20 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า

เป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้



แผนภาพ 20 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนของโมเดล AR(2)xSAR(1)₁₂

3.1.3.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนเมษายน 2543 ผลการพยากรณ์พบว่ามียอดลดลงในเดือนธันวาคม 2542 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล้วลดลงในเดือนเมษายน 2543 ดังรายละเอียดในตาราง 17

ตาราง 17 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

ช่วงเวลาล่วงหน้า	หนังสือทั่วไป (เล่ม)	หนังสือสำรอง (เล่ม)	วิทยานิพนธ์ (เล่ม)
1	7,105	169	7,419
2	8,020	335	9,999
3	8,903	410	13,068
4	4,906	264	16,227
5	5,364	162	8,630

ตอนที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง

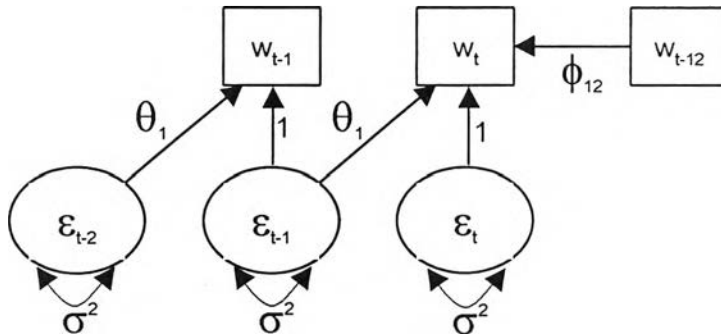
ในตอนนี้ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง การวิเคราะห์ในตอนนี้ต่อเนื่องจากตอนที่ 3.1 เนื่องจากขั้นแรกของการวิเคราะห์จะต้องกำหนดรูปแบบ ARIMA(p,d,q) ให้กับอนุกรมเวลาแต่ละชุดแล้วนำไปสร้างโมเดล ดังนั้นการวิเคราะห์ในตอนนี้ผู้วิจัยจึงนำรูปแบบของโมเดลที่ได้จากการวิเคราะห์ในตอนที่ 3.1 มาสร้างโมเดลให้กับอนุกรมเวลาทั้ง 3 ชุด การวิเคราะห์ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 3 ชุดให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่ (stationary time series) โดยการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ในข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ส่วนปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) ผู้วิจัยหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 เพื่อเป็นการเตรียมข้อมูลเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วม หรือเมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างอนุกรมเวลากับค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละชุดต่อไป ดังนั้นผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ผู้วิจัยนำเสนอตามรูปแบบการวิเคราะห์โดยใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง เริ่มตั้งแต่การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลอนุกรมเวลาที่สร้างขึ้น การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล การประมาณค่าพารามิเตอร์ การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล และการนำโมเดลที่เหมาะสมไปพยากรณ์ค่าในอนาคตตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ในตอนนี้แยกนำเสนอเป็น 3 ตอน ตอนแรกเป็นผลการวิเคราะห์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) ตอนที่ 2 เป็นผลการวิเคราะห์ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) และตอนที่ 3 เป็นผลการวิเคราะห์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.1 ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1)

3.2.1.1 โมเดลและการกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล ผู้วิจัยนำโมเดลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) จากตอนที่ 3.1 ได้แก่ $W_t \sim MA(1) \times SAR(1)_{12}$ มาสร้างเป็นโมเดลที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้างได้ดังแผนภาพ 21 การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลผู้วิจัยได้ทำการกำหนดตามการประมาณค่าพารามิเตอร์ดังแผนภาพ 21 แล้วนำไปเขียนเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

3.2.1.2 การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล โดยพิจารณาเงื่อนไขจำเป็น (necessary condition) ของการระบุได้พอดี ตามโมเดลในแผนภาพ 21 จะเห็นว่ามีพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า 2 ค่า ซึ่งน้อยกว่าจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความ

แปรปรวนร่วมมี $(1/2)(4)(4+1) = 10$ ค่า ดังนั้นกฎที่ (t-rule) แสดงว่าโมเดล $W_t \sim MA(1) \times SAR(1)_{12}$ มีโอกาสที่จะระบุได้พอดี จากการคำนวณเมทริกซ์สารสนเทศ (information matrix) สำหรับเมทริกซ์ พบว่าเมทริกซ์สารสนเทศเป็นบวกแน่นอน (positive definite) เป็นอีกเหตุผลหนึ่ง que แสดงว่าโมเดลระบุได้พอดี



แผนภาพ 21 โมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ ในลักษณะสมการเชิงโครงสร้าง

3.2.1.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล โมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\theta}_1 = -0.468$ และ $\hat{\phi}_{12} = 0.235$ ดังตาราง 18 จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{w}_t = 0.235w_{t-12} + e_t + 0.468e_{t-1}$$

โดย $W_t = \nabla^2 \nabla_{12} Z_t = Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2} - Z_{t-12} + 2Z_{t-13} - Z_{t-14}$

นั่นคือ $\hat{w}_{90} = + 0.235w_{78} + e_{90} + 0.468e_{89}$

เมื่อ Z_t แทน อนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป
 e_t แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา 91, 92, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นต่อไป

3.2.1.4 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้ Chi-square statistic, GFI (goodness of fit index), AGFI (adjusted goodness of fit index) และ RMR (root mean square residual) ดังตาราง 18 พบว่าโมเดลที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ (empirical data) โดยมีค่าไค-สแควร์เท่ากับ 1.563 ($p = 0.992, df = 8$) และมีค่า GFI, AGFI และ RMR ดังนี้ 0.988, 0.981 และ 0.0573 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมนั่นคือ ค่า GFI และ AGFI มีค่าใกล้เคียง 1 ส่วน RMR

มีค่าใกล้ 0 สำหรับโมเดลทางทฤษฎีพบว่า การวิเคราะห์เศษเหลือไม่มีค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐาน (standardized residual) ค่าใดมีค่าเกิน 2.000 จึงสรุปว่าโมเดล MA(1) xSAR(1)₁₂ มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไปได้

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์โมเดล MA(1)xSAR(1)₁₂ ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง

ตัวแปรผล	w_t		
ตัวแปรสาเหตุ	TE	IE	DE
w_{t-12}	0.235 (0.107)	-	0.235 (0.107)
e_{t-1}	-0.468 (0.042)	-	-0.468 (0.042)
e_{t-2}	-0.468 (0.042)	-	-0.468 (0.042)

ค่าสถิติ

ไค-สแควร์ = 1.563, $p = 0.992$, $df = 8$; GFI = 0.988; AGFI = 0.985; RMR = 0.0573

ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด = 1.072

สมการโครงสร้างตัวแปร

w_t

R SQUARE

0.053

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	w_t	w_{t-1}	w_{t-2}	w_{t-12}
w_t	1.000			
w_{t-1}	-0.463	1.000		
w_{t-2}	0.041	-0.471	1.000	
w_{t-12}	0.177	0.135	-0.080	1.000

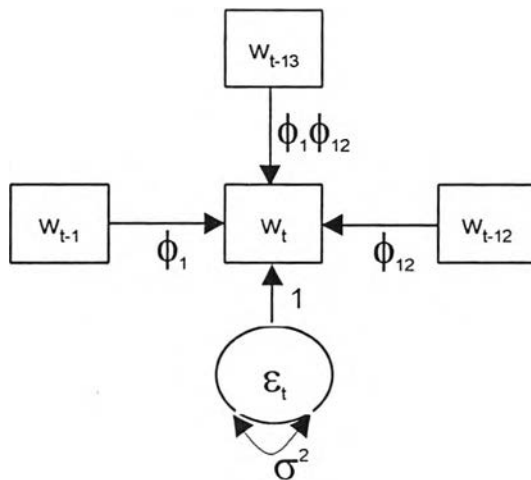
หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

TE = ผลรวมอิทธิพล, IE = อิทธิพลทางอ้อม, DE = อิทธิพลทางตรง

3.2.1.5 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนเมษายน 2543 ผลการพยากรณ์พบว่าแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ดังรายละเอียดในตาราง 21

3.2.2 ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2)

3.2.2.1 โมเดลและการกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล ผู้วิจัย นำโมเดลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) จากตอนที่ 3.1 ได้แก่ $W_t \sim AR(1) \times SAR(1)_{12}$ มาสร้างเป็นโมเดลที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้างได้ดังนี้



แผนภาพ 22 โมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$ ในลักษณะสมการเชิงโครงสร้าง

การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลผู้วิจัยได้ทำการกำหนดตามพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่าในแผนภาพ 22 แล้วนำไปเขียนเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

3.2.2.2 การระบุความเป็นไปได้ค่าเดียวของโมเดล โดยพิจารณาเงื่อนไขจำเป็นของการระบุได้พอดี ตามโมเดลในแผนภาพ 22 จะเห็นว่าพารามิเตอร์ที่ต้องประมาณค่า 3 ค่า ซึ่งน้อยกว่าจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนร่วมซึ่งมี $(1/2)(4)(4+1) = 10$ ค่า ดังนั้นกฎที่แสดงว่าโมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$ มีโอกาสที่จะระบุได้พอดี จากการคำนวณเมทริกซ์สารสนเทศสำหรับพารามิเตอร์ พบว่าเมทริกซ์สารสนเทศเป็นบวกแน่นอน เป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่แสดงว่าโมเดลระบุได้พอดี

3.2.2.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล โมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\phi}_1 = -0.632$, $\hat{\phi}_{12} = -0.705$ และ $\hat{\phi}_1 \hat{\phi}_{12} = -0.237$ ดังตาราง 19 จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{w}_t = -0.632w_{t-1} - 0.705w_{t-12} + 0.237w_{t-13} + e_t$$

โดย $W_t = \nabla \nabla_{12} Z_t = Z_t - Z_{t-1} - Z_{t-12} + Z_{t-13}$

นั่นคือ $\hat{w}_{48} = -0.632w_{47} - 0.705w_{36} + 0.237w_{35} + e_{48}$

เมื่อ Z_t แทน อนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรอง
 e_t แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น
 0 ในช่วงเวลา 49, 50, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นต่อไป

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์โมเดล AR(1)xSAR(1)₁₂ ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง

ตัวแปรผล	w_t		
ตัวแปรสาเหตุ	TE	IE	DE
w_{t-1}	-0.632 (0.211)	-	-0.632 (0.211)
w_{t-12}	-0.705 (0.215)	-	-0.705 (0.215)
w_{t-13}	-0.237 (0.261)	-	-0.237 (0.261)

ค่าสถิติ
 ไค-สแควร์ = 13.907, $p = 0.053$, $df = 7$; GFI = 0.892; AGFI = 0.845; RMR = 0.185
 ค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐานสูงสุด = 0.000
 สมการโครงสร้างตัวแปร w_t
 R SQUARE 0.369

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร				
	w_t	w_{t-1}	w_{t-12}	w_{t-13}
w_t	1.000			
w_{t-1}	-0.498	1.000		
w_{t-12}	-0.565	0.001	1.000	
w_{t-13}	0.535	-0.565	-0.589	1.000

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
 TE = ผลรวมอิทธิพล, IE = อิทธิพลทางอ้อม, DE = อิทธิพลทางตรง

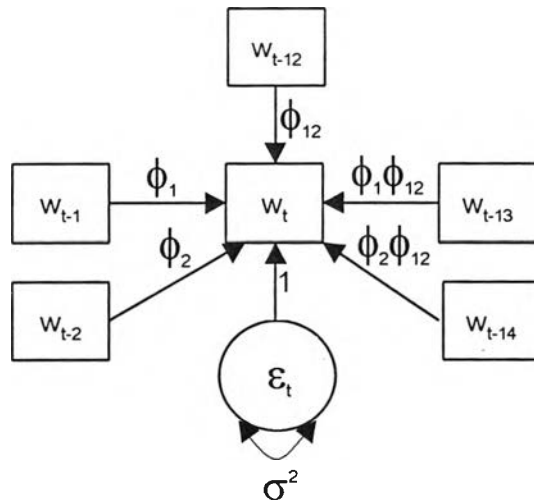
3.2.2.4 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้ Chi-square statistic, GFI, AGFI และ RMR ดังตาราง 19 พบว่าโมเดลที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่าไค-สแควร์เท่ากับ 13.907

($p = 0.053, df = 7$) และมีค่า GFI, AGFI และ RMR ดังนี้ 0.892, 0.845 และ 0.185 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมนั่นคือ ค่า GFI และ AGFI มีค่าใกล้ 1 ส่วน RMR มีค่าใกล้ 0 สำหรับโมเดลทางทฤษฎีพบว่า การวิเคราะห์หาค่าเหลือไม่มีค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐาน (standardized residual) ค่าใดมีค่าเกิน 2.000 จึงสรุปว่าโมเดล $AR(1) \times SAR(1)_{12}$ มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไปได้

3.2.2.5 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2539 ถึงเดือนตุลาคม 2539 ผลการพยากรณ์พบว่า มีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นสลับกัน ดังรายละเอียดในตาราง 21

3.2.3 ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

3.2.3.1 โมเดลและการกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดล ผู้วิจัยนำโมเดลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) จากตอนที่ 3.1 ได้แก่ $W_t \sim AR(2) \times SAR(1)_{12}$ มาสร้างเป็นโมเดลที่ใช้วิเคราะห์ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้างดังแผนภาพ 23 การกำหนดข้อมูลจำเพาะของโมเดลผู้วิจัยทำการกำหนดตามการประมาณค่าพารามิเตอร์ แล้วนำไปเขียนเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป



แผนภาพ 23 โมเดล $AR(2) \times SAR(1)_{12}$ ในลักษณะสมการเชิงโครงสร้าง

3.2.3.2 การระบุความเป็นได้ค่าเดียวของโมเดล โดยพิจารณาเงื่อนไขจำเป็นของการระบุได้พอดีตามโมเดลในแผนภาพ 23 จะเห็นว่ามีพารามิเตอร์ที่ต้อง

ประมาณค่า 5 ค่า ซึ่งน้อยกว่าจำนวนสมาชิกในเมทริกซ์ความแปรปรวน-ความแปรปรวนรวมซึ่งมี $(1/2)(6)(6+1) = 21$ ค่า ดังนั้นกฎที่แสดงว่าโมเดล $AR(2) \times SAR(1)_{12}$ มีโอกาสที่จะระบุได้พอดี จากการคำนวณเมทริกซ์สารสนเทศ พบว่าเมทริกซ์สารสนเทศเป็นบวกแน่นอน เป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่แสดงว่าโมเดลระบุได้พอดี

3.2.3.3 การประมาณค่าพารามิเตอร์ของโมเดล โมเดล $AR(2) \times SAR(1)_{12}$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\phi}_1 = -0.845$, $\hat{\phi}_2 = -0.277$, $\hat{\phi}_{12} = -0.396$, $\hat{\phi}_1\hat{\phi}_{12} = -0.433$ และ $\hat{\phi}_2\hat{\phi}_{12} = -0.242$ ดังตาราง 20 จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{w}_t = -0.845w_{t-1} - 0.277w_{t-2} - 0.396w_{t-12} + 0.433w_{t-13} + 0.242w_{t-14} + e_t$$

$$\text{โดย } w_t = \nabla^2 \nabla_{12} Z_t = Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2} - Z_{t-12} + 2Z_{t-13} - Z_{t-14}$$

$$\text{นั่นคือ } \hat{w}_{90} = -0.845w_{89} - 0.277w_{88} - 0.396w_{78} + 0.433w_{77} + 0.242w_{76} + e_{90}$$

เมื่อ	Z_t	แทน	อนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์
	e_t	แทน	ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น 0

ในช่วงเวลา 91, 92, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นต่อไป

3.2.3.4 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้ Chi-square statistic, GFI, AGFI และ RMR ดังตาราง 20 พบว่าโมเดลที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โดยมีค่าไค-สแควร์เท่ากับ 16.139 ($p = 0.443$, $df = 16$) และมีค่า GFI, AGFI และ RMR ดังนี้ 0.939, 0.920 และ 0.123 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมนั่นคือ ค่า GFI และ AGFI มีค่าใกล้ 1 ส่วน RMR มีค่าใกล้ 0 สำหรับโมเดลทางทฤษฎีพบว่า การวิเคราะห์เศษเหลือไม่มีค่าความคลาดเคลื่อนในรูปคะแนนมาตรฐาน (standardized residual) ค่าใดมีค่าเกิน 2.000 จึงสรุปว่าโมเดล $AR(2) \times SAR(1)_{12}$ มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ต่อไปได้

3.2.3.5 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนเมษายน 2543 ผลการพยากรณ์พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแล้วลดลงในช่วงเดือนเมษายน ดังรายละเอียดในตาราง 21

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์โมเดล AR(2)xSAR(1)₁₂ ด้วยโมเดลสมการเชิงโครงสร้าง

ตัวแปรผล	w_t		
	TE	IE	DE
w_{t-1}	-0.845 (0.192)	- -	-0.845 (0.192)
w_{t-2}	-0.277 (0.192)	- -	-0.277 (0.192)
w_{t-12}	-0.396 (0.179)	- -	-0.396 (0.179)
w_{t-13}	-0.433 (0.235)	- -	-0.433 (0.235)
w_{t-14}	-0.242 (0.194)	- -	-0.242 (0.194)

ค่าสถิติ

ไค-สแควร์ = 16.139, p = 0.443, df = 16; GFI = 0.939; AGFI = 0.920; RMR = 0.123

สมการโครงสร้างตัวแปร

	w_t
R SQUARE	0.360

เมทริกซ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	w_t	w_{t-1}	w_{t-2}	w_{t-12}	w_{t-13}	w_{t-14}
w_t	1.000					
w_{t-1}	-0.661	1.000				
w_{t-2}	0.317	-0.661	1.000			
w_{t-12}	-0.375	0.269	-0.153	1.000		
w_{t-13}	0.225	-0.375	0.269	-0.649	1.000	
w_{t-14}	-0.168	0.225	-0.375	0.308	-0.653	1.000

หมายเหตุ

ตัวเลขในวงเล็บคือค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

TE = ผลรวมอิทธิพล, IE = อิทธิพลทางอ้อม, DE = อิทธิพลทางตรง

ตาราง 21 ค่าพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสำรอง (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง

ช่วงเวลาล่วงหน้า	หนังสือทั่วไป (เล่ม)	หนังสือสำรอง (เล่ม)	วิทยานิพนธ์ (เล่ม)
1	13,338	158	8,871
2	21,319	423	9,445
3	29,032	240	9,989
4	31,509	250	10,281
5	35,011	33	9,240

ตอนที่ 3.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้

ในตอนนี้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ (leading indicator) ตัวบ่งชี้ในการวิจัยครั้งนี้ คือจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ผู้วิจัยใช้โมเดล transfer function เป็นโมเดลที่ใช้พยากรณ์ค่าในอนาคตของอนุกรมเวลาที่สนใจด้วยค่าในอดีตของอนุกรมเวลาชุดเดียวกัน และค่าของอนุกรมเวลาอื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ เรียกว่า ตัวบ่งชี้ ในขั้นตอนของการวิเคราะห์ด้วยโมเดล transfer function ต้องหาโมเดล ARMA(p,q) ให้กับอนุกรมเวลาของตัวบ่งชี้ นั่นคือหาโมเดล ARMA(p,q) ให้กับอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR)

ผู้วิจัยนำค่าสังเกตจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ในตาราง 14 มาวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่า r_1 มีค่าสูง แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาที่ไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบ quadratic และการเปลี่ยนแปลงนี้มาจากฤดูกาล ดังแผนภาพ 24 ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตอน 2 ในตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปอนุกรมเวลาที่คงที่โดยการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 2 และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 เมื่อนำโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 2 และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างลำดับที่ 1 มารวมกันจะได้โมเดล ARIMA(p,d,q)×SARIMA(P,D,Q)₁₂ จากลักษณะคอเรลโลแกรมของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่พบว่า r_k มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็วดังแผนภาพ 25 แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมเวลาคงที่ $r_k = 0$ สำหรับ $k = 2, 3, \dots$ และ r_{kk} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 โดย $r_{kk} = 0$

สำหรับ $k = 24, 36, \dots$ ดังนั้นโมเดลที่เป็นไปได้คือ $Z_t \sim \text{ARIMA}(0,2,1) \times \text{SARIMA}(1,1,0)_{12}$ หรือ $Z_t \sim \text{IMA}(2,1) \times \text{SARIMA}(1,1)_{12}$ หรือ $W_t \sim \text{MA}(1) \times \text{SAR}(1)_{12}$ เขียนเป็นโมเดลของ w_t ได้เป็น

Autocorrelations

Lag	Covariance	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	Std
0	234459077	1.00000	|										|	*****										0
1	121246846	0.51713	|										|	*****										0.105409
2	108417829	0.46242	|										|	*****										0.130591
3	52668547	0.22464	|										|	****										0.147668
4	5785810	0.02468	|										|	.										0.151417
5	17808532	0.07596	|										|	**										0.151462
6	-10300005	-0.04393	|										|	*										0.151884
7	-7277476	-0.03104	|										|	*										0.152025
8	-24945715	-0.10640	|										|	**										0.152096
9	-18737359	-0.07992	|										|	**										0.152921
10	-16938284	-0.07224	|										|	*										0.153384
11	-20973917	-0.08946	|										|	**										0.153762
12	-572122	-0.00244	|										|	.										0.154339
13	-25284125	-0.10784	|										|	**										0.154339
14	-17620848	-0.07516	|										|	**										0.155174
15	-26026274	-0.11101	|										|	**										0.155578
16	-17198774	-0.07336	|										|	*										0.156456
17	2490243	0.01062	|										|	.										0.156837
18	14680575	0.06261	|										|	*										0.156845
19	28408676	0.12117	|										|	**										0.157123
20	12994067	0.05542	|										|	*										0.158158
21	33773206	0.14405	|										|	**										0.158373
22	24138442	0.10295	|										|	**										0.159822

"." marks two standard errors

แผนภาพ 24 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ

$$w_t = \phi_{12} w_{t-12} + e_t - \theta_1 e_{t-1}$$

เมื่อ $W_t = \nabla^2 \nabla_{12} Z_t = Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2} - Z_{t-12} + 2Z_{t-13} - Z_{t-14}$

Z_t แทน อนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\theta}_1 = -0.559$, $\hat{\phi}_{12} = -1.000$ และมีค่า $S_e^2 = 135,700,871.5$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{w}_t = -1.000w_{t-12} + e_t + 0.559e_{t-1}$$

หรือ

$$e_t = \frac{(1 + 1.000B^{12})}{(1 + 0.5588B)} w_t^z$$

ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้ partial t เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0 : \theta_1 = 0 \quad \text{และ} \quad H_0 : \phi_{12} = 0$$

$$H_1 : \theta_1 \neq 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \phi_{12} \neq 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักทั้งสองการทดสอบ โดยมีค่า $t = -4.80$ และ $t = 5.67$ ตามลำดับ แสดงว่าโมเดล $MA(1) \times SAR(1)_{12}$ มีความเหมาะสม นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

Autocorrelations

Lag	Covariance	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	Std
0	246589727	1.00000												*****										0
1	95491456	0.38725												*****										0.114708
2	-10627378	-0.04310										*												0.130783
3	-55749969	-0.22608										****												0.130970
4	-64670222	-0.26226										****												0.136008
5	2768507	0.01123																						0.142507
6	-6845351	-0.02776										*												0.142519
7	-9720300	-0.03942										*												0.142590
8	7151572	0.02900										*												0.142733
9	-4792499	-0.01944																						0.142810
10	16143835	0.06547										*												0.142845
11	-18153307	-0.07362										*												0.143240
12	-78365078	-0.31780										*****												0.143737
13	-38043162	-0.15428										***												0.152702
14	5508507	0.02234																						0.154739
15	26738669	0.10843												**										0.154782
16	32943395	0.13360												***										0.155778
17	-7630100	-0.03094										*												0.157278
18	-15662297	-0.06352										*												0.157359
19	-15299831	-0.06205										*												0.157695

". " marks two standard errors

Partial Autocorrelations

Lag	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	
1	0.38725												*****										
2	-0.22712											*****											
3	-0.14594											***											
4	-0.14271											***											
5	0.17159											***											
6	-0.21830											*****											
7	-0.00123																						
8	0.04026											*											
9	-0.04694											*											
10	0.03729											*											
11	-0.16173											***											
12	-0.28475											*****											
13	0.08311											**											
14	0.03501											*											
15	-0.12880											***											
16	0.00993																						
17	-0.03051											*											
18	-0.08861											**											
19	-0.06282											*											

แผนภาพ 25 ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของจำนวนการเข้าใช้บริการ

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ขอมรับสมมติฐานหลักโดยมีค่า $Q_6 = 5.61$ ($p = 0.230$) และ $Q_{12} = 6.29$ ($p = 0.791$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

นำโมเดล ARMA(p,q) ของจำนวนผู้เข้าใช้บริการที่ตรวจสอบความเหมาะสมแล้ว มาวิเคราะห์ร่วมกับอนุกรมเวลาปริมาณการยืมสิ่งพิมพ์ ได้แก่ หนังสือทั่วไป (BOOK1) และ วชิยานิพนธ์ (BOOK3) ส่วนปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) เนื่องจากจำนวนอนุกรมเวลา มีน้อยกว่าจำนวนอนุกรมเวลาผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ผู้วิจัยปรับจำนวนอนุกรมเวลาผู้เข้าใช้ บริการให้มีจำนวนเท่ากับจำนวนอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรอง แล้วหาโมเดล ARMA(p,q) ของจำนวนผู้เข้าใช้บริการใหม่ดังนี้

ผู้วิจัยนำอนุกรมเวลาผู้เข้าใช้บริการที่ผ่านการปรับจำนวนแล้วมาหาผลต่างลำดับ ที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 เมื่อพิจารณาคอเรลโลแกรมของการหาผลต่างลำดับที่ 2 และ ผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ในแผนภาพ 26 พบว่าโมเดลที่เป็นไปได้คือ $w_t \sim MA(1)$ เขียนเป็นโมเดล w_t ได้เป็น

$$w_t = e_t - \theta_1 e_{t-1}$$

เมื่อ
$$W_t = \nabla^2 \nabla_{12} Z_t = Z_t - 2Z_{t-1} + Z_{t-2} - Z_{t-12} + 2Z_{t-13} - Z_{t-14}$$

 Z_t แทน จำนวนผู้เข้าใช้บริการที่ผ่านการปรับจำนวนแล้ว

Autocorrelations

Lag	Covariance	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	Std
0	21179772	1.00000	|											*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	0
1	8936645	0.42194	|											*****	*****									0.171499
2	-2762083	-0.13041	|								***													0.199711
3	-3606878	-0.17030	|								***													0.202200
4	-1669506	-0.07883	|								**													0.206375
5	-994512	-0.04696	|								*													0.207259
6	-1927978	-0.09103	|								**													0.207572
7	-1613362	-0.07617	|								**													0.208743
8	893879	0.04220	|								*													0.209559

".*" marks two standard errors

Partial Autocorrelations

Lag	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	
1	0.42194	|												*****									
2	-0.37526	|											*****										
3	0.09022	|											**										
4	-0.09718	|											**										
5	-0.02479	|											*										
6	-0.10850	|											**										
7	-0.00193	|											*										
8	0.05366	|											*										

แผนภาพ 26 ลักษณะของฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของ การหาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของจำนวนการเข้าใช้บริการที่ ปรับจำนวนอนุกรมเวลา

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\theta}_1 = -0.677$ และมีค่า $S_e^2 = 15,288,119.9$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{w}_t = e_t + 0.677e_{t-1}$$

หรือ

$$e_t = \frac{w_t^z}{(1 + 0.6772B)}$$

ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้ partial t เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \theta_1 = 0$$

$$H_1: \theta_1 \neq 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักโดยมีค่า $t = -5.19$ แสดงว่าโมเดลที่กำหนดมีความเหมาะสม นอกจากนี้ผู้วิจัยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-square statistic เพื่อตรวจสอบสมมติฐานดังนี้

$$H_0: \rho_1(e_t) = \rho_2(e_t) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1: \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ยอมรับสมมติฐานหลักโดยมีค่า $Q_6 = 0.87$ ($p = 0.972$) และ $Q_{12} = 5.04$ ($p = 0.929$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่าเป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการที่ผ่านการปรับจำนวนแล้วนี้ มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

ผู้วิจัยแยกนำเสนอผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้นำเป็น 3 ตอน ตามประเภทของสิ่งพิมพ์ มีผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.3.1 ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1)

3.3.1.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ จากโมเดล ARMA(p,q) ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ที่ได้ ผู้วิจัยนำมากำหนดให้เป็นโมเดลของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\beta_t = \frac{(1 + 1.000B^{12})}{(1 + 0.5588B)} W_t^y$$

เมื่อ β_t แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป
ซึ่ง prewhitening แล้ว

W_t^y แทน ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปที่หาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่าง
ฤดูกาลลำดับที่ 1

3.3.1.2 หา cross correlation function ที่เวลาล้าหลัง k ของ e_t
และ β_t ได้แก่ $r_k(e_t, \beta_t)$ จาก $r_k(e_t, \beta_t)$ ที่ได้ หาโมเดล preliminary transfer function ที่เหมาะสม
ดังแผนภาพ 27 ในที่นี้กำหนด $r = 2, s = b = 0$

3.3.1.3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล preliminary transfer
function ได้สมการ preliminary transfer function เป็น

$$W_t^y = 0.0523 \frac{W_t^z}{(1 - 0.1479B + 0.6163B^2)} + N_t$$

Crosscorrelations

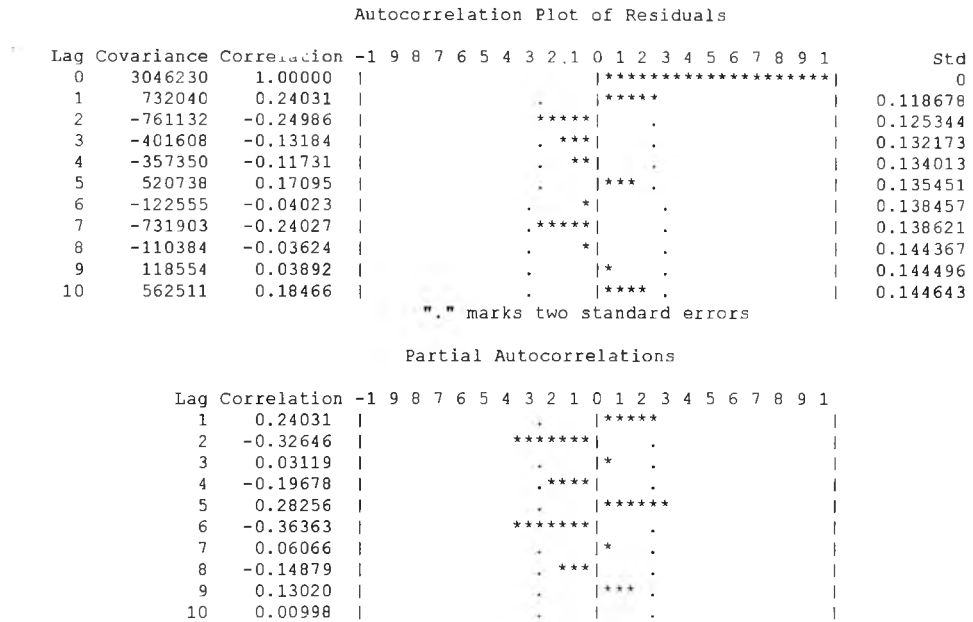
Lag	Covariance	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1
-10	100076	0.00434	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-9	2688565	0.11660	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-8	-971917	-0.04215	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-7	3450394	0.14964	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-6	-3578497	-0.15519	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-5	1081571	0.04691	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-4	519625	0.02254	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-3	-5962031	-0.25856	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-2	-901921	-0.03911	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-1	821428	0.03562	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0	11852908	0.51404	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	-2183851	-0.09471	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	-3916136	-0.16984	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	-3338923	-0.14480	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	-536460	-0.02327	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	1125790	0.04882	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	-1074267	-0.04659	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	1159251	0.05027	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	-2135435	-0.09261	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
9	1253462	0.05436	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
10	-1958420	-0.08493	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

"." marks two standard errors

แผนภาพ 27 ลักษณะ cross correlation function ของ e_t และ β_t ของอนุกรมเวลาปริมาณ
การยืมหนังสือทั่วไปและผู้เข้าใช้บริการ

จากการทดสอบพารามิเตอร์ในโมเดลได้แก่ ω_0 และ δ_2 ว่ามีค่าเป็น 0 หรือไม่
พบว่าปฏิเสธสมมติฐานหลักในส่วนของ การทดสอบ ω_0 และ δ_2 นั่นคือ พารามิเตอร์ ω_0 และ δ_2
มีค่าไม่เป็น 0 โดยมีค่า partial t ดังนี้ 3.83 และ -3.83 ตามลำดับ จากการตรวจสอบ
autocorrelation ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการพบว่า อนุกรมเวลาของความคลาด

เคลื่อน $\{N_t\}$ ยังมีการแจกแจงที่ไม่เป็นอิสระ นั่นคือ $r_k(N_t)$ มีค่าใหญ่ ขึ้นต่อไปผู้วิจัยหาโมเดล ARMA(p,q) ให้ความคลาดเคลื่อน N_t โดยการพิจารณาคอเรลโลแกรมของ $r_k(N_t)$ และ $r_{kk}(N_t)$ ดังแผนภาพ 28 ในที่นี้กำหนดโมเดลได้แก่ $N_t \sim MA(1) \times SAR(1)_{12}$



แผนภาพ 28 ลักษณะฟังก์ชันอัตตะสหสัมพันธ์และอัตตะสหสัมพันธ์บางส่วนของค่าความคลาดเคลื่อน (N_t) ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปและผู้เข้าใช้บริการ

3.3.1.4 เมื่อ $N_t \sim MA(1) \times SAR(1)_{12}$ จะได้สมการ final transfer function เป็น

$$W_t^y = 0.0649 \frac{W_t^z}{(1 + 0.0162B + 0.4433B^2)} + \frac{(1 + 0.8826B)}{(1 + 0.3961B^{12})} a_t$$

จากการทดสอบพารามิเตอร์ในโมเดลพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักในการทดสอบอื่น ๆ นั่นคือพารามิเตอร์ $\theta_1, \phi_{12}, \omega_0$ และ δ_2 มีค่าต่างจาก 0 โดยมีค่า partial t ดังนี้ -14.52, -3.24, 4.95 และ -1.96 ตามลำดับ และจากการตรวจสอบ autocorrelation ของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า p = 0.286 และ 0.123 แสดงว่าสมการ final transfer function นี้เหมาะสม ผู้วิจัยใช้สมการ final transfer function ที่ได้หาค่าพยากรณ์ต่อไป

3.3.1.5 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดล final transfer function ที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปในอนาคต

5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2542 ถึงเดือนเมษายน 2543 ผลการพยากรณ์พบว่าแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ ดังรายละเอียดในตาราง 22

3.3.2 ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2)

3.3.2.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ จากโมเดล ARIMA ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการที่ปรับจำนวนอนุกรมเวลา ผู้วิจัยนำมากำหนดให้เป็นโมเดลของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\beta_t = \frac{W_t^y}{(1 + 0.6772B)}$$

เมื่อ β_t แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณการยืมหนังสือสำรอง ซึ่ง prewhitening แล้ว

W_t^y แทน ปริมาณการยืมหนังสือสำรองที่หาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1

3.3.2.2 หา cross correlation funciton ที่ช่วงเวลาล่าหลัง k ของ e_t และ β_t ได้แก่ $r_k(e_t, \beta_t)$ จาก $r_k(e_t, \beta_t)$ ที่ได้ หาโมเดล preliminary transfer function ที่เหมาะสม ดังแผนภาพ 29 ในที่นี้กำหนด $r = s = b = 0$

Crosscorrelations

Lag	Covariance	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	
-10	142419	0.15824												***										
-9	-51361.965	-0.05707											*											
-8	-15689.744	-0.01743																						
-7	-27584.056	-0.03065											*											
-6	56497.516	0.06277											*											
-5	-8296.366	-0.00922																						
-4	38082.600	0.04231											*											
-3	-83092.729	-0.09232											**											
-2	71887.073	0.07987											**											
-1	-200010	-0.22223											****											
0	374036	0.41559												*****										
1	-272826	-0.30314											*****											
2	193378	0.21486												****										
3	-184111	-0.20457												****										
4	75150.264	0.08350												**										
5	-3821.788	-0.00425												*										
6	27094.342	0.03010												*										
7	-101689	-0.11299											**											
8	197779	0.21975												****										
9	-170804	-0.18978												****										
10	215262	0.23918												*****										

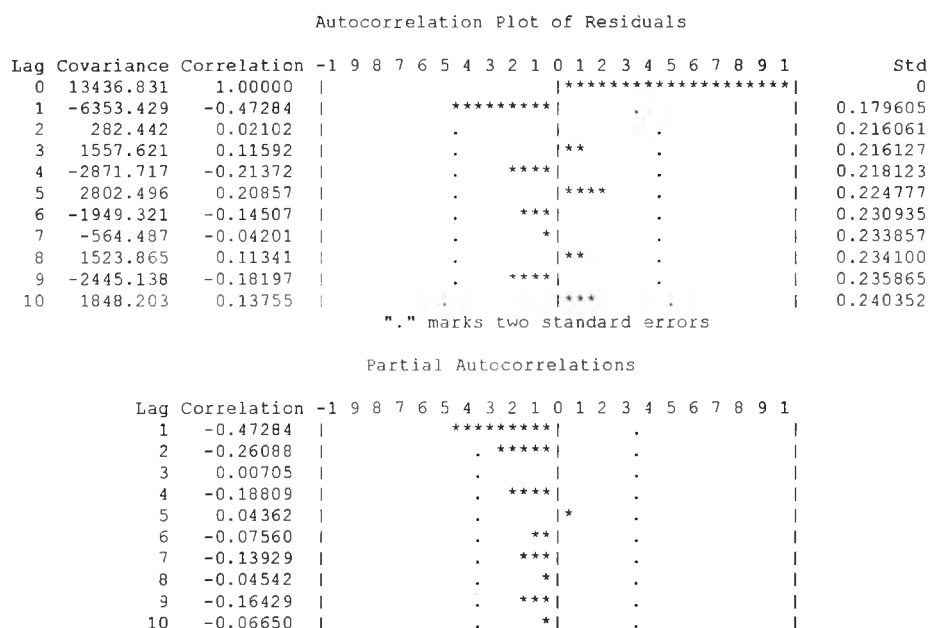
. marks two standard errors

แผนภาพ 29 ลักษณะ cross correlation function ของ e_t และ β_t ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรองและผู้เข้าใช้บริการ

3.3.2.3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ในโมเดล preliminary transfer function ได้สมการ preliminary transfer function เป็น

$$W_t^y = 0.0105W_t^z + N_t$$

จากการทดสอบพารามิเตอร์ในโมเดลได้แก่ ω_0 ว่ามีค่าเป็น 0 หรือไม่ พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักในส่วนของ การทดสอบ ω_0 นั่นคือพารามิเตอร์ ω_0 มีค่าไม่เป็น 0 โดยมีค่า partial t เท่ากับ 2.32 แต่จากการตรวจสอบ autocorrelation ของค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จาก สมการพบว่า อนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อน $\{N_t\}$ ยังมีการแจกแจงที่ไม่เป็นอิสระกัน นั่นคือ $r_k(N_t)$ มีค่าใหญ่ ขึ้นต่อไปผู้วิจัยหาโมเดล ARIMA ให้กับความคลาดเคลื่อน N_t โดยการพิจารณา คอเรลโลแกรมของ $r_k(N_t)$ และ $r_{kk}(N_t)$ ดังแผนภาพ 30 ในที่นี้กำหนดโมเดลได้แก่ $N_t \sim MA(1)$



แผนภาพ 30 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และอัตโนมัติสหสัมพันธ์บางส่วนของค่าความคลาดเคลื่อน (N_t) ของอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรองและผู้เข้าใช้บริการ

3.3.2.4 เมื่อ $N_t \sim MA(1)$ จะได้สมการ final transfer function เป็น

$$W_t^y = 0.0064W_t^z + \frac{a_t}{(1 - 0.7741B)}$$

จากการทดสอบพารามิเตอร์ในโมเดลพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลักในทุกการทดสอบ นั่นคือพารามิเตอร์ θ_1 และ ω_0 มีค่าต่างจาก 0 โดยมีค่า partial t ดังนี้ 6.20 และ 2.61 ตามลำดับ และจากการตรวจสอบ autocorrelation ของค่าความคลาดเคลื่อนมีค่า $p = 0.896$ และ 0.690 แสดงว่าสมการ final transfer function นี้เหมาะสม ผู้วิจัยใช้สมการ final transfer function ที่ได้หาค่าพยากรณ์ต่อไป

3.3.2.5 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดล final transfer function ที่ตรวจสอบความเหมาะสมมาพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมหนังสือสำรองในอนาคต 5 ช่วงเวลา ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2539 ถึงเดือนตุลาคม 2539 ผลการพยากรณ์พบว่า มีแนวโน้มลดลงแล้วเพิ่มขึ้นในเดือนสิงหาคม และมีแนวโน้มลดลงในเดือนถัดไป ดังรายละเอียดในตาราง 22

3.3.3 ปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

3.3.3.1 การประมาณค่าพารามิเตอร์ จากโมเดล ARMA(p,q) ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ที่ได้ ผู้วิจัยนำมากำหนดให้เป็นโมเดลของอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\beta_t = \frac{(1 + 1.000B^{12})}{(1 + 0.5588B)} W_t^y$$

เมื่อ β_t แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์
ซึ่ง prewhitening แล้ว

W_t^y แทน ปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ที่หาผลต่างลำดับที่ 2 และผลต่าง
ฤดูกาลลำดับที่ 1

3.3.3.2 หา cross correlation function ที่เวลาล่าหลัง k ของ e_t และ β_t ได้แก่ $r_k(e_t, \beta_t)$ จาก $r_k(e_t, \beta_t)$ ที่ได้ ผู้วิจัยไม่สามารถหาโมเดล preliminary transfer function ที่เหมาะสมได้ ดังแผนภาพ 31 เนื่องจากไม่มี r_k ค่าใดที่มีค่ามากกว่า $2S_0$ แสดงว่าอนุกรมเวลาผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ไม่สามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ได้ ผู้วิจัยจึงไม่นำอนุกรมเวลาผู้เข้าใช้บริการ (VISITOR) ไปดำเนินการวิเคราะห์ต่อในขั้นตอนต่อไป

การพยากรณ์ค่าในอนาคตของปริมาณการเยี่ยมชมวิทยานิพนธ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และ
 เจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ไม่สามารถพยากรณ์ค่าได้ในการวิจัยครั้งนี้ อันเนื่องมาจากตัวบ่งชี้หรือ
 จำนวนผู้เข้าใช้บริการไม่สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยมชม
 วิทยานิพนธ์ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดสอบ cross correlation function ของ e_t และ
 β_t ของอนุกรมเวลาจำนวนผู้เข้าใช้บริการและปริมาณการเยี่ยมชมวิทยานิพนธ์ ตามลำดับ ดังแผนภาพ

31

Crosscorrelations

Lag	Covariance	Correlation	-1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	
-10	7514417	0.08264	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-9	-2249849	-0.02474	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-8	9033965	0.09935	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-7	-5434344	-0.05976	|	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-6	-12030233	-0.13230	|	.	.	.	.	.	.	.	.	***	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-5	11371786	0.12506	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	***	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-4	5910091	0.06499	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-3	-16712026	-0.18378	|	.	.	.	.	.	.	.	.	****	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-2	-634463	-0.00698	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
-1	10927380	0.12017	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
0	8134215	0.08945	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
1	-10429714	-0.11470	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	**	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
2	-2363545	-0.02599	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	-450297	-0.00495	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4	5093286	0.05601	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	-1743106	-0.01917	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6	-2693442	-0.02962	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
7	6473554	0.07119	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
8	-592640	-0.00652	|	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

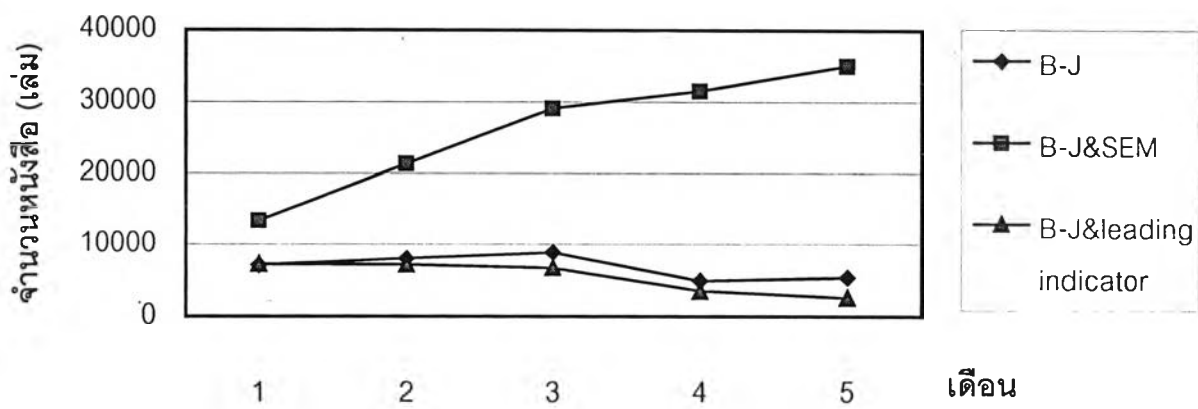
แผนภาพ 31 ลักษณะ cross correlation function ของ e_t และ β_t ของอนุกรมเวลาปริมาณ
 การเยี่ยมชมวิทยานิพนธ์และผู้เข้าใช้บริการ

ตาราง 22 ค่าพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมชมหนังสือทั่วไป (BOOK1) และหนังสือสำรอง
 (BOOK2) ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้

ช่วงเวลาล่วงหน้า	หนังสือทั่วไป (เล่ม)	หนังสือสำรอง (เล่ม)
1	7,281	229
2	7,163	213
3	6,701	290
4	3,522	149
5	2,576	116

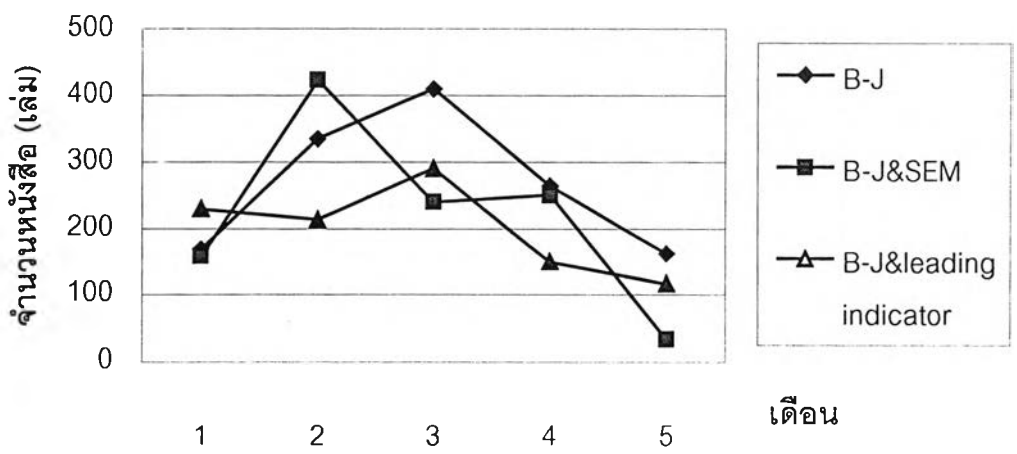
จากตาราง 17 21 และ 22 เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมชมหนังสือ
 ทั่วไป (BOOK1) ในอนาคต 5 ช่วงเวลา พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J)
 และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ (B-J&leading indicator) มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่ม
 ขึ้นและลดลงในทิศทางที่ใกล้เคียงกัน ส่วนวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง

(B-J&SEM) มีลักษณะการเคลื่อนไหวแตกต่างจากวิธีอื่น ๆ คือมีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ดังแผนภาพ 32



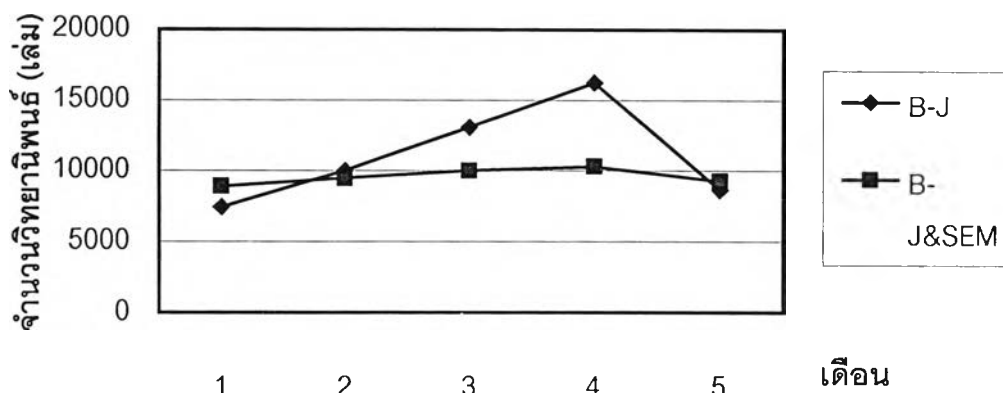
แผนภาพ 32 กราฟเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป

เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) ในอนาคต 5 ช่วงเวลา พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้หน้า (B-J&leading indicator) มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและลดลงในทิศทางที่ใกล้เคียงกัน แต่วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (B-J&SEM) มีลักษณะการ



แผนภาพ 33 กราฟเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง

เคลื่อนไหวที่แตกต่างออกไป นั่นคือมีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกัน ดัง
แผนภาพ 33



แผนภาพ 34 กราฟเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการยื่นวิทยานิพนธ์

เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ปริมาณการยื่นวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ในอนาคต 5
ช่วงเวลา พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้
โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (B-J&SEM) มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นและลดลงในทิศทางเดียว
กัน ดังแผนภาพ 34

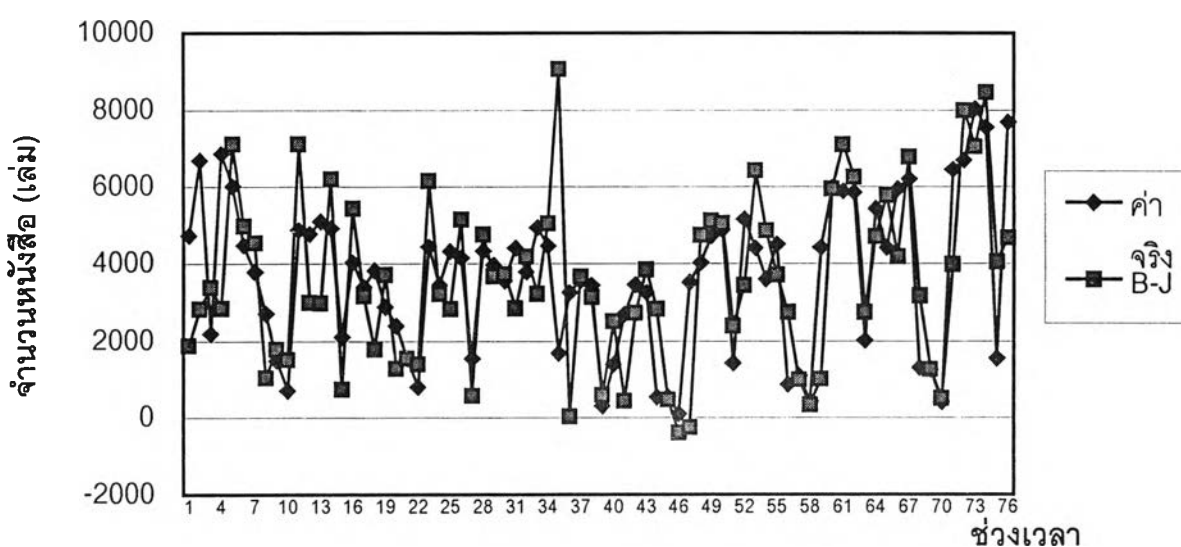
ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เพื่อตรวจสอบความคลาดเคลื่อน
ในการพยากรณ์ระหว่างวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครง
สร้าง และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำ ผู้วิจัยนำเสนอเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 เป็นการพล็อต
กราฟค่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์ของแต่ละวิธี ตอนที่ 2 เป็นผลการคำนวณ
ขนาดความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ในแต่ละวิธีด้วยค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์
6 ค่า ได้แก่ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE)
ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute
Percentage Error : MdAPE) ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ
(Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของ
ความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error : MdRAE) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของ

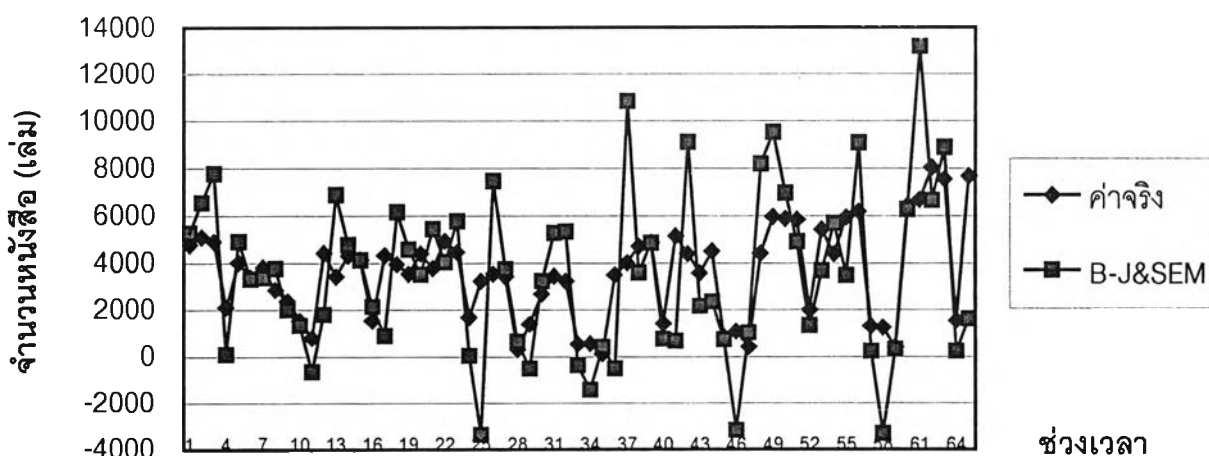
ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สัมพัทธ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute Error : GMRAE) และร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 4.1 การพล็อตกราฟค่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นจริงกับค่าพยากรณ์

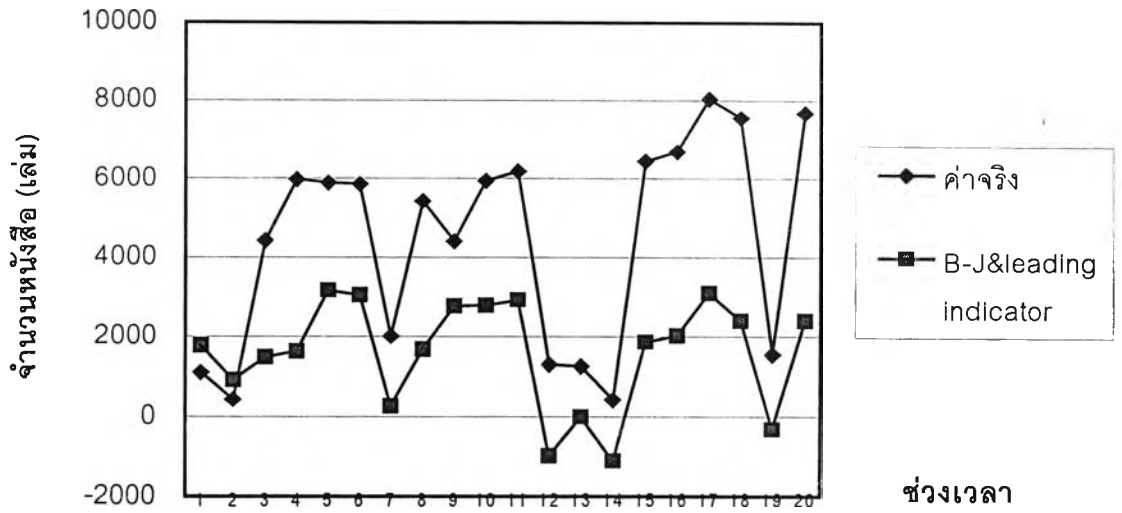
ผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ ผู้วิจัยนำค่าจริงของข้อมูลอนุกรมเวลากับค่าพยากรณ์ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำมาพล็อตกราฟดังแผนภาพ 35-42



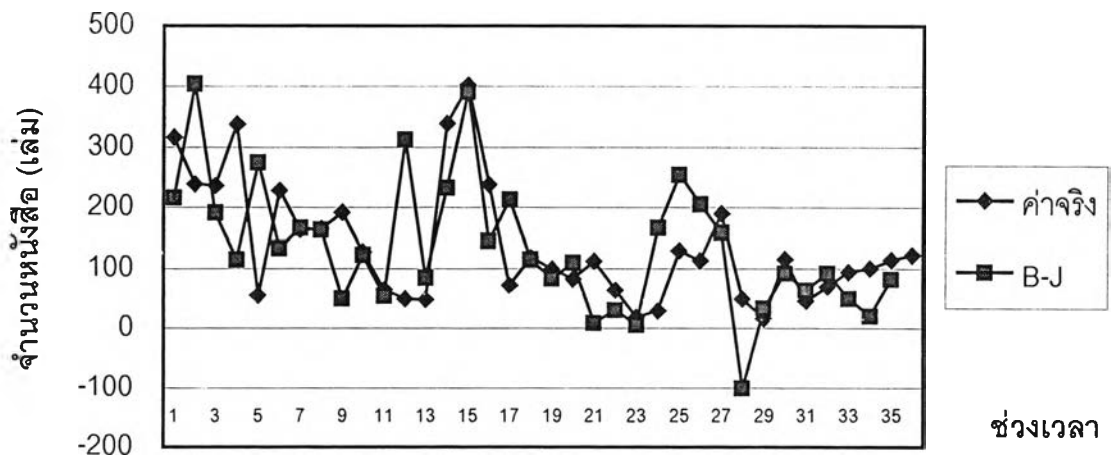
แผนภาพ 35 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



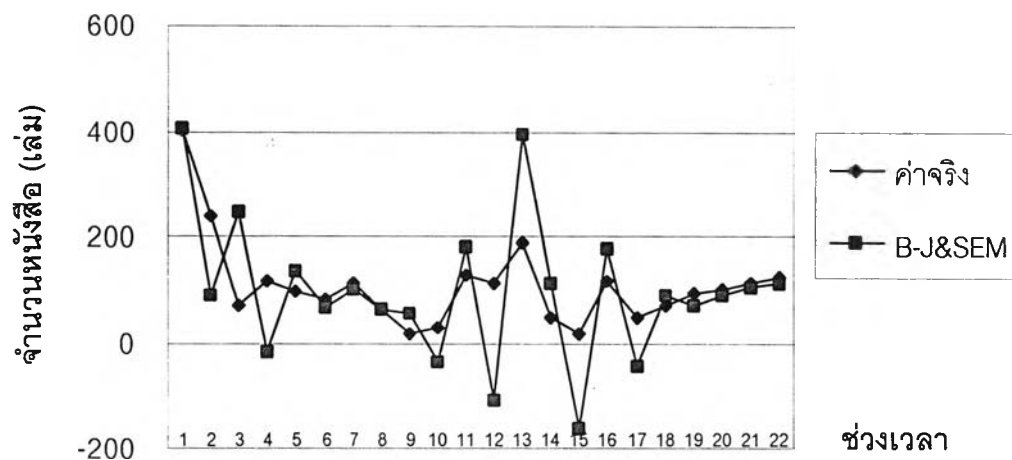
แผนภาพ 36 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง



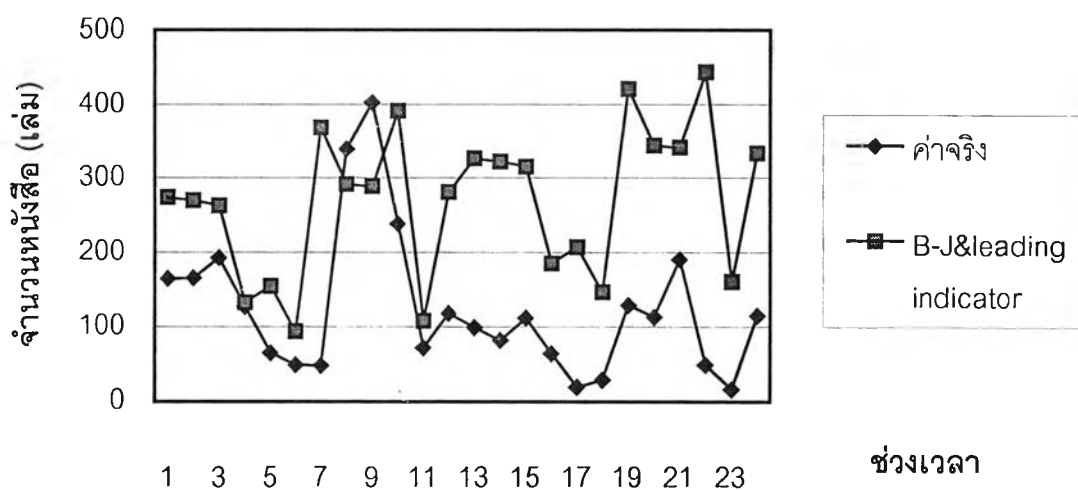
แผนภาพ 37 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้หน้า



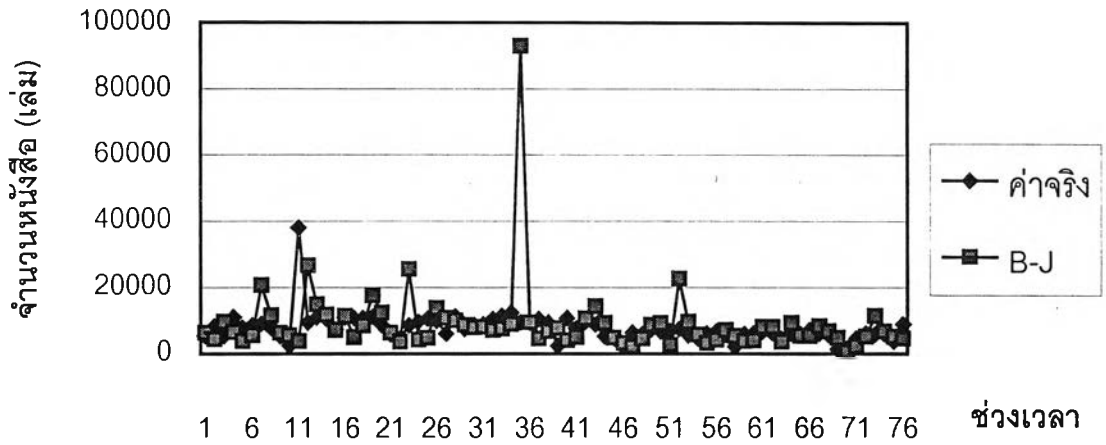
แผนภาพ 38 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือสำรองกับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



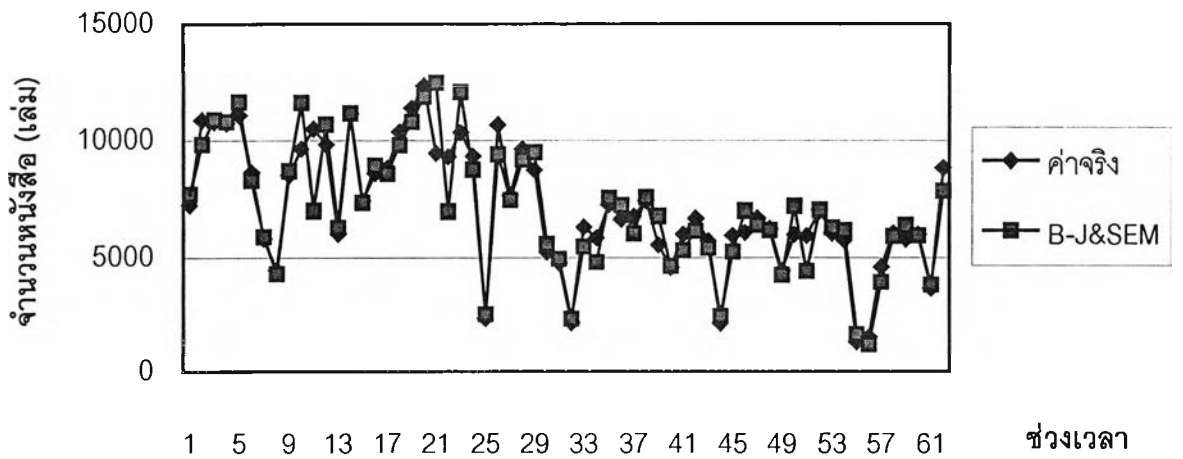
แผนภาพ 39 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือสำรองกับค่าพยากรณ์
ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง



แผนภาพ 40 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือสำรองกับค่าพยากรณ์
ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้



แผนภาพ 41 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการเยี่ยมชมวิทยานิพนธ์กับค่าพยากรณ์
ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์



แผนภาพ 42 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการเยี่ยมชมวิทยานิพนธ์กับค่าพยากรณ์
ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง

จากกราฟการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปพบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด รองลงมาคือวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง ส่วนวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำค่าพยากรณ์ที่ได้มีลักษณะการเคลื่อนไหวเดียวกันกับค่าจริง แต่ค่าพยากรณ์ที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่าจริง

จากกราฟการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำหรับพบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ มีค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด รองลงมาคือวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง ส่วนวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำค่าพยากรณ์ที่ได้มีลักษณะการเคลื่อนไหวเดียวกันกับค่าจริง แต่ค่าพยากรณ์ที่ได้สูงกว่าค่าจริง

จากกราฟการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์พบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้างมีค่าพยากรณ์ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด รองลงมาคือวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ ส่วนวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำไม่สามารถพยากรณ์ค่าได้เนื่องจากตัวบ่งชี้ที่นำมาใช้ไม่สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ได้

ผลสรุปที่ได้ในตอนนี้เป็นารสรุปจากการสังเกตลักษณะการเคลื่อนไหวที่แสดงให้เห็นในรูปกราฟระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์เท่านั้น ผู้วิจัยจึงนำขนาดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์มาพิจารณาร่วมกันเพื่อที่จะให้ได้ผลสรุปที่ชัดเจนมากขึ้น การคำนวณหาขนาดความคลาดเคลื่อนในตอนต่อไปนี้ ผู้วิจัยใช้ค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ 6 ค่า

ตอนที่ 4.2 การคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลา

4.2.1 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป (BOOK1) เมื่อใช้รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMSE) ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error : MdAPE) ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error : MAPE) ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error : MdRAE) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สัมพัทธ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute Error :

GMRAE) และร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบพบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์รูปแบบอื่น ๆ แต่ถ้าใช้เกณฑ์ร้อยละที่ดีกว่าพบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้้นำให้ค่าร้อยละที่ดีกว่าสูงถึง 85% แสดงว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้้นำมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อใช้เกณฑ์นี้ จากการพิจารณาในภาพรวม สรุปได้ว่าวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปมากที่สุด ดังรายละเอียดในตาราง 23

ตาราง 23 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (B-J&SEM) และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวบ่งชี้ นำ (B-J&leading indicator)

วิธีการพยากรณ์	ค่าวัดความคลาดเคลื่อน					
	RMSE	MdAPE	MAPE	MdRAE	GMRAE	Percent Better
B-J	1771.47	33.24	56.31	0.22	0.26	84.21
B-J&SEM	2562.13	46.64	75.77	0.43	0.37	78.46
B-J&leading indicator	3303.79	69.00	91.02	0.45	0.50	85.00

4.2.2 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2) เมื่อใช้รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สัมพัทธ์ และร้อยละที่ดีกว่าเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์รูปแบบอื่น แต่เมื่อใช้ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละเป็นเกณฑ์ในการพิจารณา พบว่า วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิงโครงสร้างมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จากการพิจารณาในภาพรวม สรุปได้ว่าวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการยืมหนังสือสำรองมากที่สุด เนื่องจากมีค่าวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ที่ดีถึง 5 ใน 6 ค่าด้วยกัน ดังรายละเอียดในตาราง 24

4.2.3 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการยืมวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ดังแสดงในตาราง 25 สรุปได้ว่าวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้โมเดลสมการเชิง

โครงสร้าง มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณการเยี่ยม
วิทยานิพนธ์มากที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีที่มีค่าวัดความถูกต้องดีที่สุดในทุกค่าวัดความถูกต้องของ
การพยากรณ์

ตาราง 24 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยม
หนังสือสารองด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้
โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (B-J&SEM) และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้
ตัวบ่งชี้หน้า (B-J&leading indicator)

วิธีการพยากรณ์	ค่าวัดความคลาดเคลื่อน					
	RMSE	MdAPE	MAPE	MdRAE	GMRAE	Percent Better
B-J	98.79	59.36	87.68	0.37	0.32	77.14
B-J&SEM	100.34	53.93	127.57	0.44	0.40	68.18
B-J&leading indicator	182.97	180.93	251.63	0.93	1.00	50.00

ตาราง 25 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยม
วิทยานิพนธ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) และวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้
โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (B-J&SEM)

วิธีการพยากรณ์	ค่าวัดความคลาดเคลื่อน					
	RMSE	MdAPE	MAPE	MdRAE	GMRAE	Percent Better
B-J	5921.36	32.62	50.34	0.30	0.34	82.89
B-J&SEM	4554.42	22.19	38.37	0.19	0.20	87.10
B-J&leading indicator	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ การพยากรณ์ปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ด้วยวิธีที่ 3 ไม่สามารถพยากรณ์ได้ เนื่องจากตัวบ่งชี้หน้าไม่
สามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของปริมาณการเยี่ยมวิทยานิพนธ์ได้