

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้วิธีของบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ในการพยากรณ์ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล พร้อมทั้งตรวจสอบผลการ พยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ กับวิธีการพยากรณ์ 3 แบบ คือ การวิเคราะห์การถดถอย การเฉลี่ยเคลื่อนที่ และการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยใช้เกณฑ์ในการเปรียบเทียบ จากการวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 4 ตอน ตามขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 ดังนี้

- ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเบ้ ค่าความโค้ง และค่าการกระจายของข้อมูล
- ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากฤดูกาล
- ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์
- ตอนที่ 4 ผลการตรวจสอบวิธีการพยากรณ์

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนี้เพื่อให้ทราบลักษณะการกระจายและการแจกแจง ของข้อมูลเบื้องต้น โดยผู้วิจัยได้นำเสนอค่าเฉลี่ย (mean = \bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation = S.D.) ค่าสูงสุด (maximum = MAX) ค่าต่ำสุด (minimum = MIN) ค่าความเบ้ (skewness = SK) ค่าความโค้ง (kurtosis = KU) และค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation = C.V.) เมื่อพิจารณาข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ปริมาณการพิมพ์หนังสือ 3 ประเภทคือ หนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสารong (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) พบว่า ตัวแปรหนังสือทั่วไป (BOOK1) มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนตัว แปรหนังสือสารong (BOOK2) มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจายพบว่า ตัวแปรหนังสือสารong (BOOK2) มีการกระจายสูงสุด และตัวแปรหนังสือทั่วไป (BOOK1) มี การกระจายต่ำสุด เมื่อพิจารณาข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่

จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) พบว่า ตัวแปรจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าตัวแปรจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) แต่เมื่อพิจารณาสัมประสิทธิ์การกระจายพบว่า ตัวแปรจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) มีการกระจายสูงกว่าจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) เมื่อพิจารณาการแจกแจงของตัวแปรทั้ง 5 ตัว พบว่า ตัวแปรส่วนใหญ่มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา และมีความโค้งสูงกว่าปกติ ยกเว้นตัวแปรจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย และมีความโค้งต่ำกว่าโค้งปกติ ดังรายละเอียดในตาราง 17

ตาราง 17 การแจกแจงของตัวแปรแสดงด้วยค่าสถิติพื้นฐาน

ตัวแปร	N	X	S.D.	SK	KU	MIN	MAX	C.V.
BOOK1	65	3510.28	1715.31	0.03	-0.04	100	8135	48.87
BOOK2	65	124.52	107.84	1.03	0.21	1	421	86.61
BOOK3	65	2293.99	1236.36	1.86	6.33	277	7731	53.90
STU1	60	4723398.0	2079059	-0.10	-1.64	1139595	7449219	44.02
STU2	60	960416.1	1078786	1.10	0.12	45111	3926083	112.33

ตอนที่ 2 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิจัยในตอนนี้ เพื่อให้ทราบลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 5 ชุด โดยผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 2 ตอน ตอนแรก ตรวจสอบโดยการพล็อตกราฟ ส่วนตอนที่สอง ตรวจสอบโดยการวิเคราะห์การถดถอย ดังนี้

ตอนที่ 2.1 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยการพล็อตกราฟ

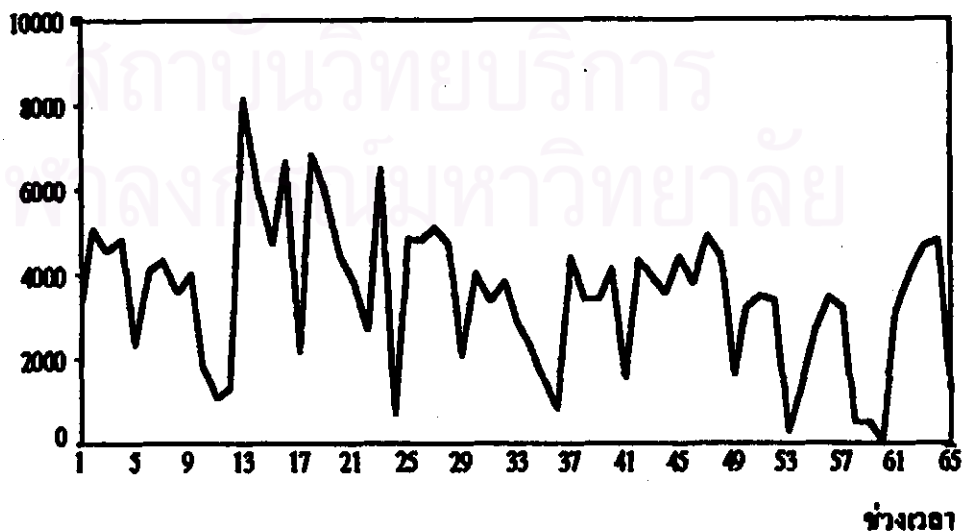
การตรวจสอบในตอนนี้ เป็นการนำค่าสังเกตของอนุกรมเวลาแต่ละชุด รวม 5 ชุด ที่เสนอไว้ในตาราง 18-22 มาพล็อตกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของอนุกรมเวลา จากการพล็อตกราฟ พบว่า ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสารอง (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีแนวโน้มเส้นตรงและมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ส่วน

จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) มีแนวโน้มเป็นเส้นโค้ง (quadratic) จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ดังรายละเอียดในภาพ 7-11

ตาราง 18 ปริมาณ (เล่ม) การซื้อหนังสือทั่วไป (BOOK1)

ปีการศึกษา	2535	2536	2537	2538	2539	2540
เดือน						
มิถุนายน	3,411	8,135	4,878	4,436	1,664	3,124
กรกฎาคม	5,056	6,089	4,780	3,447	3,219	3,993
สิงหาคม	4,546	4,732	5,102	4,319	3,484	4,657
กันยายน	4,852	6,677	4,717	4,156	3,411	4,817
ตุลาคม	2,332	2,192	2,109	1,543	291	1,261
พฤศจิกายน	4,111	6,853	4,034	4,330	1,346	-
ธันวาคม	4,357	6,011	3,399	3,962	2,666	-
มกราคม	3,600	4,480	3,825	3,558	3,450	-
กุมภาพันธ์	4,052	3,792	2,883	4,407	3,238	-
มีนาคม	1,876	2,718	2,391	3,792	510	-
เมษายน	1,091	6,492	1,538	4,938	540	-
พฤษภาคม	1,330	701	800	4,467	100	-

จำนวนหนังสือ (เล่ม)

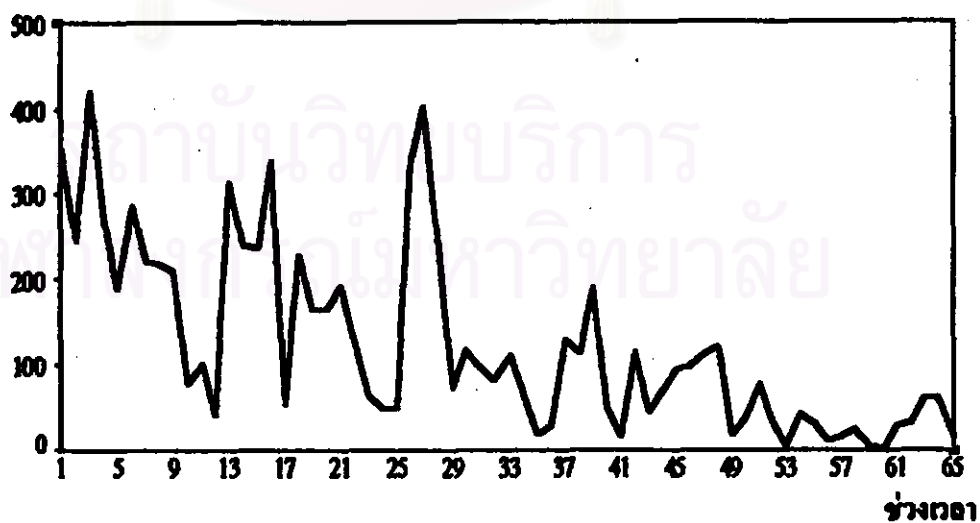


ภาพ 7 กราฟแสดงปริมาณการซื้อหนังสือทั่วไป (BOOK1)

ตาราง 19 ปริมาณ (เล่ม) การยืมหนังสือสำรอง (BOOK2)

ปีการศึกษา	2535	2536	2537	2538	2539	2540
เดือน						
มิถุนายน	352	316	48	129	19	28
กรกฎาคม	247	239	339	113	36	34
สิงหาคม	421	236	402	190	80	63
กันยายน	270	338	238	49	32	62
ตุลาคม	181	55	72	16	5	17
พฤศจิกายน	285	228	118	115	43	-
ธันวาคม	221	164	99	46	32	-
มกราคม	217	165	82	70	11	-
กุมภาพันธ์	210	192	112	94	16	-
มีนาคม	80	127	64	100	24	-
เมษายน	102	65	19	114	4	-
พฤษภาคม	41	49	29	122	0	-

จำนวนหนังสือ (เล่ม)

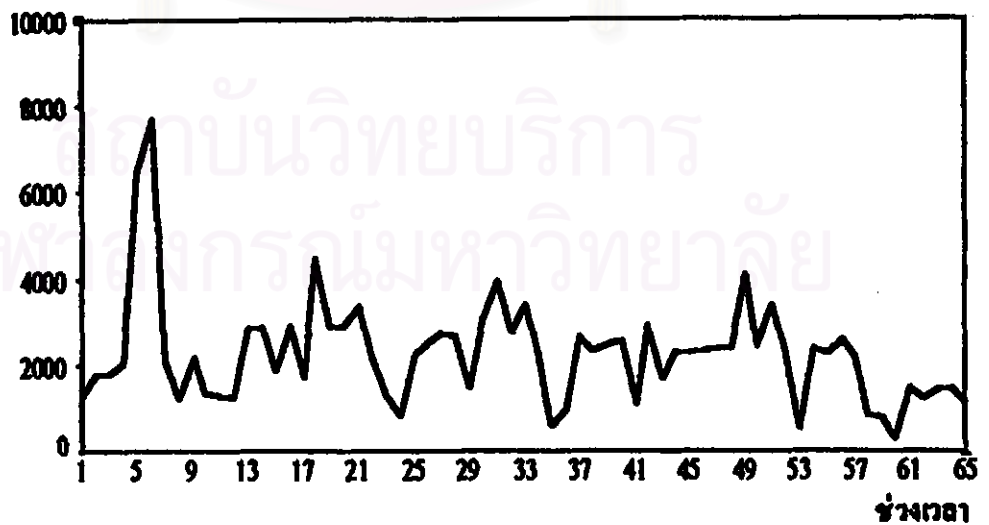


ภาพ 8 กราฟแสดงปริมาณการยืมหนังสือสำรอง (BOOK2)

ตาราง 20 ปริมาณ (เล่ม) การซื้อวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

ปีการศึกษา เดือน	2535	2536	2537	2538	2539	2540
มิถุนายน	1,325	2,899	2,280	2,680	4,103	6,338
กรกฎาคม	1,819	2,917	2,520	2,383	2,477	5,859
สิงหาคม	1,833	1,880	2,735	2,508	3,435	7,253
กันยายน	2,072	2,957	2,725	2,584	2,402	6,653
ตุลาคม	6,492	1,708	1,482	1,120	544	6,763
พฤศจิกายน	7,731	4,487	3,059	2,963	2,418	-
ธันวาคม	2,120	2,902	3,985	1,691	2,269	-
มกราคม	1,219	2,965	2,797	2,334	2,618	-
กุมภาพันธ์	2,203	3,370	3,405	2,312	2,203	-
มีนาคม	1,397	2,191	2,385	2,378	867	-
เมษายน	1,298	1,359	579	2,391	817	-
พฤษภาคม	1,270	850	981	2,413	277	-

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



ภาพ 9 กราฟแสดงปริมาณการซื้อวิทยานิพนธ์ (BOOK3)

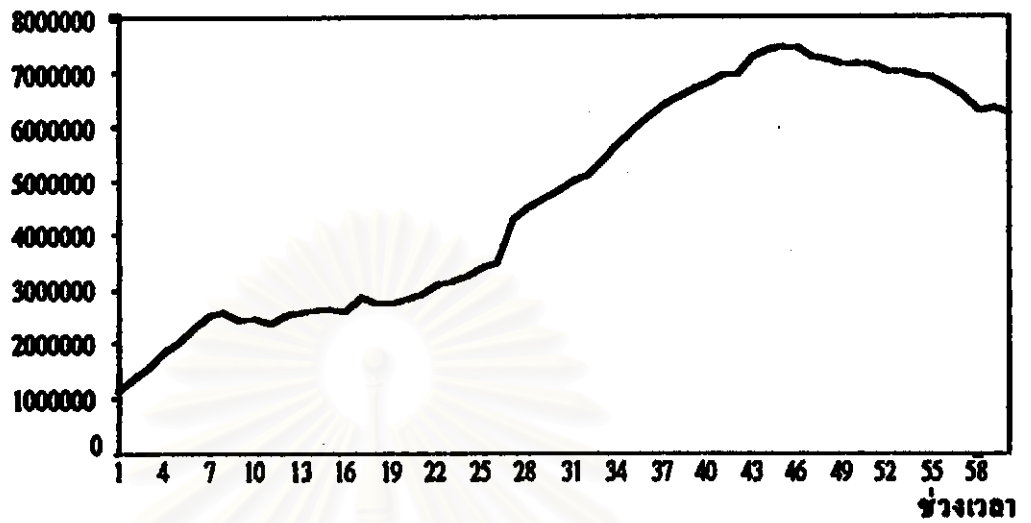
ตาราง 21 จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1)

ปีการศึกษา	เวลา (๕)	จำนวนนักเรียน (คน)	ปีการศึกษา	เวลา (๕)	จำนวนนักเรียน (คน)	ปีการศึกษา	เวลา (๕)	จำนวนนักเรียน (คน)
2480	1	1,139,595	2500	21	2,913,489	2520	41	6,955,623
2481	2	1,333,526	2501	22	3,096,761	2521	42	6,939,664
2482	3	1,559,387	2502	23	3,145,285	2522	43	7,272,289
2483	4	1,833,967	2503	24	3,256,496	2523	44	7,392,563
2484	5	2,045,774	2504	25	3,396,651	2524	45	7,449,219
2485	6	2,324,980	2505	26	3,472,989	2525	46	7,413,517
2486	7	2,531,204	2506	27	4,291,235	2526	47	7,272,153
2487	8	2,586,685	2507	28	4,500,374	2527	48	7,233,541
2488	9	2,444,519	2508	29	4,640,122	2528	49	7,151,054
2489	10	2,477,822	2509	30	4,800,001	2529	50	7,160,494
2490	11	2,374,704	2510	31	4,983,093	2530	51	7,100,226
2491	12	2,532,271	2511	32	5,122,728	2531	52	7,009,604
2492	13	2,603,755	2512	33	5,382,394	2532	53	6,987,240
2493	14	2,625,805	2513	34	5,634,782	2533	54	6,955,492
2494	15	2,661,455	2514	35	5,921,149	2534	55	6,906,336
2495	16	2,616,052	2515	36	6,151,354	2535	56	6,757,437
2496	17	2,849,444	2516	37	6,385,468	2536	57	6,576,886
2497	18	2,735,447	2517	38	6,543,164	2537	58	6,289,768
2498	19	2,742,007	2518	39	6,686,477	2538	59	6,348,608
2499	20	2,832,609	2519	40	6,810,747	2539	60	6,246,380

ตาราง 22 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2)

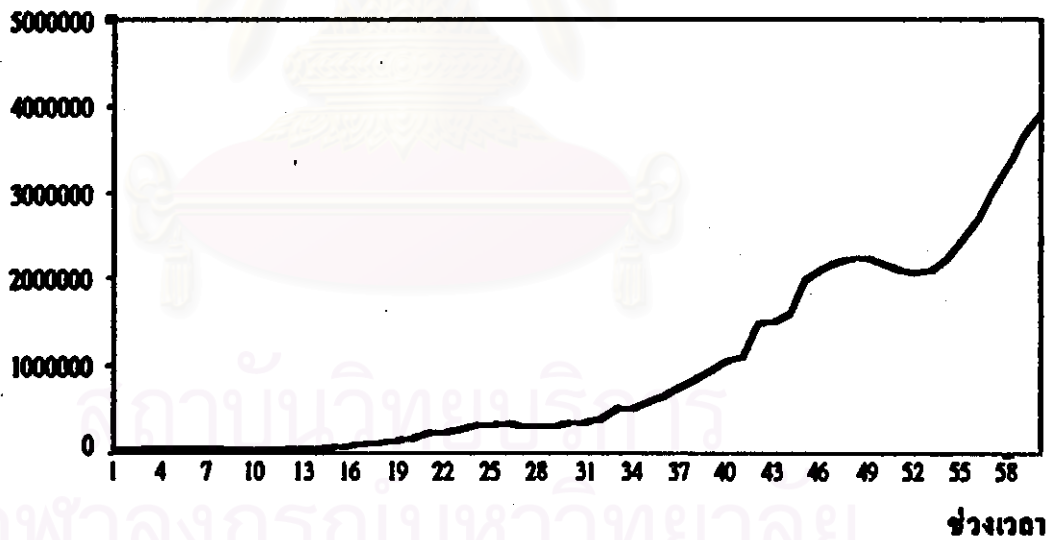
ปีการศึกษา	เวลา (๕)	จำนวนนักเรียน (คน)	ปีการศึกษา	เวลา (๕)	จำนวนนักเรียน (คน)	ปีการศึกษา	เวลา (๕)	จำนวนนักเรียน (คน)
2480	1	45,910	2500	21	248,176	2520	41	1,112,554
2481	2	45,111	2501	22	245,092	2521	42	1,489,939
2482	3	50,418	2502	23	273,810	2522	43	1,529,564
2483	4	54,050	2503	24	320,001	2523	44	1,614,465
2484	5	54,093	2504	25	319,464	2524	45	1,990,866
2485	6	54,711	2505	26	334,600	2525	46	2,138,197
2486	7	52,859	2506	27	302,991	2526	47	2,191,713
2487	8	55,970	2507	28	311,664	2527	48	2,242,965
2488	9	48,074	2508	29	316,238	2528	49	2,243,373
2489	10	49,377	2509	30	334,927	2529	50	2,184,850
2490	11	49,496	2510	31	358,221	2530	51	2,110,209
2491	12	54,122	2511	32	394,419	2531	52	2,083,237
2492	13	59,549	2512	33	519,145	2532	53	2,119,487
2493	14	63,704	2513	34	511,929	2533	54	2,227,991
2494	15	74,626	2514	35	584,153	2534	55	2,448,812
2495	16	92,541	2515	36	665,088	2535	56	2,717,439
2496	17	100,931	2516	37	768,864	2536	57	3,047,163
2497	18	123,679	2517	38	860,530	2537	58	3,386,240
2498	19	144,467	2518	39	956,427	2538	59	3,692,001
2499	20	174,765	2519	40	1,053,625	2539	60	3,926,083

จำนวนนักเรียน (คน)



ภาพ 10 กราฟแสดงจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1)

จำนวนนักเรียน (คน)



ภาพ 11 กราฟแสดงจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2)

ตอนที่ 2.2 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล โดยการวิเคราะห์การถดถอย

การตรวจสอบในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยยกเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรกเป็นการตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการดื่ม

หนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือตำรา (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ส่วนตอนที่สอง เป็นการตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตอนที่ 2.2.1 การตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการซื้อหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือตำรา (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลา 3 ชุดนี้ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลารวมเดือน ผู้วิจัยจึงตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 3 ชุดนี้ มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ โดยตรวจสอบทั้งโมเดลแบบบวกและโมเดลแบบคูณ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งมีขั้นตอนในการตรวจสอบ 2 ขั้นตอน ขั้นแรกเป็นการตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มหรือไม่ ถ้าพบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม ในขั้นที่สองจึงตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลด้วยหรือไม่ ได้ผลดังนี้

ขั้นที่ 1 การตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ partial F-test เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

H_0 : ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม

H_1 : ข้อมูลอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม

หรือ จากโมเดลแบบบวก (additive model)

$$Z_t = \alpha + \beta t + \beta_1 D_{1t} + \dots + \beta_{L-1} D_{L-1,t} + \varepsilon_t$$

$$H_0 : \beta = 0$$

$$H_1 : \beta \neq 0$$

จากโมเดลแบบคูณ (multiplicative model) ต้องแปลงให้เป็นโมเดลแบบบวก โดยการหาลอการิทึม (logarithm) ของ Z_t ดังนี้

$$Z_t = \alpha \beta^t \beta_1^{D_{1t}} \dots \beta_{L-1}^{D_{L-1,t}} \varepsilon_t$$

$$Z'_t = \alpha' + \beta t + \beta_1' D_{1t} + \dots + \beta_{L-1}' D_{L-1,t} + \varepsilon'_t$$

$$H_0 : \beta' = 0$$

$$H_1 : \beta' \neq 0$$

จากการตรวจสอบโมเดลแบบบวกและโมเดลแบบคูณ พบว่า ข้อมูลปริมาณการซื้อหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสารออง (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($p = .01, .00$ และ $.02$ ตามลำดับ) แสดงว่าข้อมูลปริมาณการซื้อหนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือสารออง (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างแนวโน้มแบบเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.01, .01$ และ $.05$ ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตาราง 23

จากผลการตรวจสอบในขั้นที่ 1 พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างแนวโน้ม ผู้วิจัยจึงต้องตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 การตรวจสอบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบ overall F-test เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า

$$H_0 : \text{ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล}$$

$$H_1 : \text{ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล}$$

หรือ จากโมเดลแบบบวก (additive model)

$$Z_t = \alpha + \beta t + \beta_1 D_{1t} + \dots + \beta_{L-1} D_{L-1,t} + \varepsilon_t$$

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{L-1} = 0$$

$$H_1 : \beta_i \text{ อย่างน้อย 1 ค่าไม่เป็น } 0$$

จากโมเดลแบบคูณ (multiplicative model) ต้องแปลงให้เป็นโมเดลแบบบวก โดยการหาลอการิทึม (logarithm) ของ Z_t ดังนี้

$$z_t = \alpha \beta^t \beta_1^{D_{1t}} \dots \beta_{L-1}^{D_{L-1t}} \varepsilon_t$$

$$z'_t = \alpha' + \beta'_t + \beta'_1 D_{1t} + \dots + \beta'_{L-1} D_{L-1t} + \varepsilon'_t$$

$$H_0 : \beta'_1 - \beta'_2 - \dots - \beta'_{L-1} = 0$$

$$H_1 : \beta'_i \text{ อย่างน้อย 1 ค่าไม่เป็น } 0$$

จากการตรวจสอบโมเดลแบบบวก พบว่า ข้อมูลปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือตำรา (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($p = .00, .00$ และ $.01$ ตามลำดับ) แสดงว่าข้อมูลปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือตำรา (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.01$ ดังรายละเอียดในตาราง 23

จากการตรวจสอบโมเดลแบบคูณ พบว่า ข้อมูลปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือตำรา (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($p = .00$) แสดงว่า ข้อมูลปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือตำรา (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.01$ ดังรายละเอียดในตาราง 23

เมื่อพิจารณาการรวมกันของโมเดล พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งสามชุดมีการรวมกันแบบคูณ โมเดลแบบคูณสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของ ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป หนังสือตำรา และวิทยานิพนธ์ได้ 54.5, 71.9 และ 45.6 % ตามลำดับ ดังรายละเอียดในตาราง 23

ตาราง 23 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย

ตัวแปร	โมเดลแบบบวก						โมเดลแบบคูณ					
	แนวโน้ม		ฤดูกาล		แนวโน้มและฤดูกาล		แนวโน้ม		ฤดูกาล		แนวโน้มและฤดูกาล	
	R ²	p	R ²	p	R ²	p	R ²	p	R ²	p	R ²	p
BOOK1	.110	.01**	.420	.00**	.504	.00**	.111	.01**	.462	.00**	.545	.00**
BOOK2	.495	.00**	.253	.12	.716	.00**	.510	.00**	.230	.20	.719	.00**
BOOK3	.078	.02*	.319	.03*	.375	.01**	.079	.02*	.403	.00**	.456	.00**

หมายเหตุ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

แนวโน้ม หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรง

ฤดูกาล หมายถึง การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

แนวโน้มและฤดูกาล หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มเส้นตรงและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ตอนที่ 2.2.2 การตรวจสอบข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลา 2 ชุดนี้ เป็นข้อมูลอนุกรมเวลารายปี ผู้วิจัยจึงตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม

จากการพล็อตกราฟข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) ในตอนที่ 2.1 พบว่า ข้อมูลชุดนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นโค้ง (quadratic) ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์การถดถอย เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) มีแนวโน้มแบบเส้นโค้งจริงหรือไม่

โมเดลการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นโค้ง คือ

$$z_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \varepsilon_t$$

ผู้วิจัยตรวจสอบว่า

$$H_0 : \beta_2 = 0$$

$$H_1 : \beta_2 \neq 0$$

ผลการวิจัยพบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($p = .00$) แสดงว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) มีแนวโน้มแบบเส้นโค้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และแนวโน้มแบบเส้นโค้งสามารถอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาได้ 90.3 %

จากการพล็อตกราฟข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) พบว่าข้อมูลชุดนี้มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (exponential) ผู้วิจัยจึงใช้การวิเคราะห์การถดถอย เพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลจริงหรือไม่

โมเดลการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล คือ

$$Z_t = \beta_0 \beta_1^t \varepsilon_t$$

จากโมเดลการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล จะแปลงให้อยู่ในรูปการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มแบบเส้นตรงได้ โดยการหาลอการิทึม นั่นคือ

$$\ln Z_t = \ln \beta_0 + \ln \beta_1 t + \ln \varepsilon_t$$

$$Z'_t = \beta'_0 + \beta'_1 t + \varepsilon'_t$$

ผู้วิจัยตรวจสอบว่า

$$H_0 : \beta'_1 = 0$$

$$H_1 : \beta'_1 \neq 0$$

ผลการวิจัย พบว่า ปฏิเสธสมมติฐานหลัก ($p = .00$) แสดงว่า ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และอธิบายลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาได้ 97.5 % ดังรายละเอียดในตาราง 24

ตาราง 24 ผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย

ตัวแปร	แนวโน้ม	R ²	p
STU1	เส้นโค้ง	0.903	.00**
STU2	เอ็กซ์โปเนนเชียล	0.975	.00**

หมายเหตุ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
แนวโน้ม หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ เพื่อศึกษารวมข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุดด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ผลการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนแรกเป็นผลการวิเคราะห์ของอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือตำรา (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ส่วนตอนหลังเป็นผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1) และจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) ในแต่ละตอนผู้วิจัยจะนำเสนอผลการวิเคราะห์ตามขั้นตอนของบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ได้แก่ การกำหนดโมเดล การประมาณค่าพารามิเตอร์ การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล และการนำโมเดลที่เหมาะสมไปพยากรณ์ค่าในอนาคต ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ในแต่ละตอนมีรายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล จากผลการวิเคราะห์ตอนที่ 2 พบว่า ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป (BOOK1) หนังสือตำรา (BOOK2) และวิทยานิพนธ์ (BOOK3) เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล และ โมเดลของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ตามชุดมีการรวมกันแบบคูณ ในขั้นตอนการวิเคราะห์ผู้วิจัยต้องเปลี่ยน โมเดล ให้อยู่ในรูปแบบบวก โดยการใส่ลอการิทึม แล้ววิเคราะห์ตามขั้นตอนของวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ต่อไป

3.1.1 ปริมาณการพิมพ์สื่อทั่วไป (BOOK1)

3.1.1.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตปริมาณการพิมพ์สื่อทั่วไป (BOOK1) ในตาราง 18 มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบบวก โดยการใช้ลอการิทึม และวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_x) พบว่า ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์หรือคอเรลโลแกรมของ r_x มีค่าสูง แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมไม่คงที่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบค่าของการวิเคราะห์การถดถอยในตอนต้นที่ 2 คนหลักการวิเคราะห์ในตอนต้นนี้ ผู้วิจัยต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่ให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล แต่ในการวิจัยครั้งนี้ เมื่อผู้วิจัยตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้อธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มได้เพียง 11.1% ($R^2 = 0.111$) และสอดคล้องกับลักษณะของคอเรลโลแกรม ดังภาพ 12 ซึ่งพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มน้อยมาก ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงแปลงให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยแยกเป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 แปลงให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 1 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ ARIMA(0,1,1), ARIMA(0,1,2), ARIMA(1,1,0), ARIMA(2,1,0), ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,2), ARIMA(2,1,1), ARIMA(2,1,2) และกำหนดโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ SARIMA(0,1,1)₁₂, SARIMA(0,1,2)₁₂, SARIMA(1,1,0)₁₂, SARIMA(2,1,0)₁₂, SARIMA(1,1,1)₁₂, SARIMA(1,1,2)₁₂, SARIMA(2,1,1)₁₂, SARIMA(2,1,2)₁₂ เมื่อนำโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 1 และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มารวมกัน (intergrate) จะได้โมเดล ARIMA(p,d,q) × SARIMA(P,D,Q)₁₂ ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด $8 \times 8 = 64$ โมเดล

กรณีที่ 2 แปลงให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยการหาผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 เพียงอย่างเดียว แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ ARIMA(0,0,1), ARIMA(0,0,2), ARIMA(1,0,0), ARIMA(2,0,0), ARIMA(1,0,1), ARIMA(1,0,2), ARIMA(2,0,1), ARIMA(2,0,2) และกำหนดโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ SARIMA(0,1,1)₁₂, SARIMA(0,1,2)₁₂, SARIMA(1,1,0)₁₂

SARIMA(2,1,0)₁₂ SARIMA(1,1,1)₁₂ SARIMA(1,1,2)₁₂ SARIMA(2,1,1)₁₂ SARIMA(2,1,2)₁₂ เมื่อนำโมเดล ARIMA(p,d,q) และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มารวมกัน (intergrate) จะได้โมเดล ARIMA(p,d,q) × SARIMA(P,D,Q)₁₂ ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด $8 \times 8 = 64$ โมเดล

ดังนั้นในการแปลงข้อมูลปริมาณการพิมพ์หนังสือ (BOOK1) ให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ทั้ง 2 กรณี จึงสามารถกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) × SARIMA(P,D,Q)₁₂ ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด $64 + 64 = 128$ โมเดล แต่ผู้วิจัยต้องเลือกโมเดลที่เหมาะสมที่สุดเพียงโมเดลเดียว ผู้วิจัยจึงประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลทั้ง 128 โมเดล โดยใช้สถิติทดสอบ Box - Ljung Chi-Square statistic และพบว่าโมเดล ARIMA(0,0,1) × SARIMA(1,1,0)₁₂ เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และมีขนาดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการพิจารณาจากลักษณะคอเรลโลแกรมของการหาผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่พบว่า r_k ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็ว ดังภาพ 13 แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมคงที่ที่ $r_k = 0$ สำหรับ $k = 2, 3, \dots$ และ r_{12k} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 ส่วน r_{12}, r_{24} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 $r_{12k} = 0$ สำหรับ $k = 2, 3, 6, \dots$ ผู้วิจัยจึงเลือกโมเดลที่เหมาะสมกับลักษณะของฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์พาร์เซิล โดยเปรียบเทียบกับลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ (ρ_k) และฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์พาร์เซิล (ρ_{12k}) ในตาราง 5 และตาราง 6 พบว่า โมเดลที่เป็นไปได้คือ ARIMA(0,0,1) × SARIMA(1,1,0)₁₂ หรือ MA(1) × SARI(1, 1)₁₂ ดังโมเดล

$$Z_t = \delta - \theta_1 a_{t-1} + (1 + \phi_{12})Z_{t-12} - \phi_{12} Z_{t-24} + a_t$$

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าในขั้นตอนต่อไป

3.1.1.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ โมเดล ARIMA(0,0,1) × SARIMA(1,1,0)₁₂ หรือ MA(1) × SARI(1, 1)₁₂ ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\theta}_1$ ได้เท่ากับ -0.206 ค่าประมาณพารามิเตอร์ $\hat{\phi}_{12} = -0.755$ ค่าคงที่ $\hat{\delta} = -0.139$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{Z}_t = -0.139 + 0.206a_{t-1} + (1 - 0.755)Z_{t-12} + 0.755 Z_{t-24} + a_t \quad \dots\dots(76)$$

นั่นคือ $\hat{Z}_{65} = -0.139 + 0.206a_{64} + (1 - 0.755)Z_{53} + 0.755 Z_{41} + a_{65}$

เมื่อ Z_t คือ ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา $t+T$

จากสมการ (75) ค่า a_t มีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา 66, 67, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นต่อไป

Autocorrelations: BOOK1 book1
 Transformations: natural log

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	.299	.121					I****.*					6.073	.014
2	.123	.120					I**					7.124	.028
3	-.106	.119					**I					7.918	.048
4	-.072	.118					*I					8.289	.082
5	.249	.117					I*****					12.773	.026
6	.126	.116					I***					13.941	.030
7	.244	.115					I*****					18.428	.010
8	-.136	.114					***I					19.849	.011
9	-.077	.113					**I					20.309	.016
10	-.051	.112					*I					20.517	.025
11	-.036	.111					*I					20.621	.038
12	.160	.110					I***					22.736	.030
13	-.042	.109					*I					22.882	.043
14	.000	.108					*					22.882	.062
15	-.090	.107					**I					23.589	.072
16	-.082	.106					**I					24.185	.086
17	.096	.105					I**					25.016	.094
18	.020	.104					*					25.054	.123
19	.124	.103					I**					26.513	.117
20	-.066	.102					*I					26.939	.137
21	-.079	.101					**I					27.557	.153
22	-.027	.099					*I					27.630	.188
23	.008	.098					*					27.637	.230
24	.292	.097					I****.**					36.694	.047

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 65 Computable first lags: 64

ภาพ 12 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป (BOOK1)

Autocorrelations: BOOK1 book1
 Transformations: natural log, seasonal difference (1 at 12)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	.348	.134					I****.**					6.805	.009
2	.156	.132					I****					8.194	.017
3	.016	.131					*					8.210	.042
4	.094	.130					I**					8.738	.068
5	-.023	.128					*					8.769	.119
6	-.008	.127					*					8.773	.187
7	-.029	.126					*I					8.827	.265
8	-.113	.124					**I					9.648	.291
9	-.019	.123					*					9.671	.378
10	-.075	.121					**I					10.053	.436
11	-.153	.120					***I					11.686	.388
12	-.432	.119					****.****I					24.937	.015
13	-.207	.117					****I					28.047	.009
14	-.015	.116					*					28.063	.014
15	-.064	.114					*I					28.377	.019
16	-.052	.113					*I					28.587	.027
17	-.005	.111					*					28.589	.039
18	.066	.110					I*					28.954	.049
19	.081	.108					I**					29.517	.058
20	.045	.106					I*					29.698	.075
21	.026	.105					I*					29.759	.097
22	.000	.103					*					29.759	.124
23	.071	.101					I*					30.255	.142
24	.094	.100					I**					31.150	.149

Partial Autocorrelations: BOOK1 book1
 Transformations: natural log, seasonal difference (1 at 12)

Pr-Aut- Stand.											
Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	.348	.137									
2	.039	.137									
3	-.057	.137									
4	.114	.137									
5	-.093	.137									
6	.008	.137									
7	-.008	.137									
8	-.134	.137									
9	.090	.137									
10	-.092	.137									
11	-.143	.137									
12	-.355	.137									
13	.046	.137									
14	.153	.137									
15	-.163	.137									
16	.046	.137									
17	.008	.137									
18	.037	.137									
19	.082	.137									
20	-.153	.137									
21	.080	.137									
22	-.034	.137									
23	-.030	.137									
24	-.068	.137									

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 70 Computable first lags after differencing: 52

ภาพ 13 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์หารีเชิลของผลต่าง
 ดูภาคส่วนที่ 1 ของ ข้อมูลปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป (BOOK1)

3.1.1.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า $\rho_k(a_k) = 0$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ นั่นคือ

$$H_0 : \rho_1(a_1) = \rho_2(a_2) = \dots = \rho_m(a_m) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(a_k) \text{ มีอย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ขอมรับสมมติฐานหลัก ($Q_{10} = 12.474, p = 0.255$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

3.1.1.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีความเหมาะสม มาพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป ปีการศึกษา 2540 โดยพยากรณ์ในอนาคต

5 ช่วงเวลา คือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2540 ถึงเดือนมีนาคม 2541 ผลการพยากรณ์พบว่า ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป มีแนวโน้มลดลง ดังรายละเอียดในตาราง 25

ตาราง 25 ค่าพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไปปีการศึกษา 2540

ปีการศึกษา 2540	ปริมาณการพิมพ์หนังสือ ทั่วไป (เล่ม)
พฤศจิกายน 2540	2,757
ธันวาคม 2540	2,818
มกราคม 2541	2,768
กุมภาพันธ์ 2541	3,203
มีนาคม 2541	1,818

3.1.2 ปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรอง (BOOK2)

3.1.2.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรอง (BOOK2) ในตาราง 19 มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบบวกลบ โดยใช้ลอการิทึม และวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์ (r_x) พบว่า ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์หรือคอเรลโลแกรมของ r_x มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้าและ r_{12} มีค่าใหญ่ ดังภาพ 14 แสดงว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาลค่อนข้างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจสอบกับการตรวจสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยในตอนต้นที่ 2 ผู้วิจัยจึงต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้ให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 1 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ ARIMA(0,1,1), ARIMA(0,1,2), ARIMA(1,1,0), ARIMA(2,1,0), ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,2), ARIMA(2,1,1), ARIMA(2,1,2) และกำหนดโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ SARIMA(0,1,1)₁₂, SARIMA(0,1,2)₁₂, SARIMA(1,1,0)₁₂, SARIMA(2,1,0)₁₂, SARIMA(1,1,1)₁₂, SARIMA(1,1,2)₁₂, SARIMA(2,1,1)₁₂, SARIMA(2,1,2)₁₂ เมื่อนำโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 1 และโมเดล ARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มารวมกัน (intergrate) จะได้โมเดล ARIMA(p,d,q) × SARIMA(P,D,Q)₁₂

ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด $8 \times 8 = 64$ โมเดล แต่ผู้วิจัยต้องเลือกโมเดลที่เหมาะสมที่สุดเพียงโมเดลเดียว ผู้วิจัยจึงประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลทั้ง 64 โมเดล โดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square statistic และพบว่าโมเดล $ARIMA(0,1,1) \times SARIMA(1,1,0)_{12}$ เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และมีขนาดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการพิจารณาจากลักษณะทอเรลโดแกรมของผลต่างและผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่พบว่า r_k ของผลต่างและผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็ว ดังภาพ 15 แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมคงที่ $r_k = 0$ สำหรับ $k = 2, 3, \dots$ และ r_{12k} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 ส่วน r_{12}, r_{24} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 $r_{12k} = 0$ สำหรับ $k = 24, 36, \dots$ ผู้วิจัยจึงเลือกโมเดลที่เหมาะสมกับลักษณะของฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์พาร์เซิล โดยเปรียบเทียบกับลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ (ρ_k) และฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์พาร์เซิล (ρ_{12k}) ในตาราง 5 และตาราง 6 พบว่าโมเดลที่เป็นไปได้คือ $ARIMA(0,1,1) \times SARIMA(1,1,0)_{12}$ หรือ $IMA(1,1) \times SARI(1,1)_{12}$ ดังโมเดล

$$Z_t = \delta - \theta_1 a_{t-1} + \phi_{12}(Z_{t-1} - Z_{t-2} - Z_{t-13} + Z_{t-14}) + Z_{t-1} + Z_{t-12} - Z_{t-13} + a_t$$

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าในขั้นตอนต่อไป

```

Autocorrelations:  BOOK2  book2
Transformations:  natural log
Auto- Stand.
Lag  Corr.  Err.  -1  -.75  -.5  -.25  0  .25  .5  .75  1  Box-Ljung  Prob.
-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
 1  .615  .121  .  I****.*****  25.724  .000
 2  .435  .120  .  I****.****  38.788  .000
 3  .431  .119  .  I****.****  51.824  .000
 4  .381  .118  .  I****.***  62.171  .000
 5  .406  .117  .  I****.***  74.112  .000
 6  .395  .116  .  I****.***  85.635  .000
 7  .357  .115  .  I****.**  95.205  .000
 8  .233  .114  .  I****.  99.356  .000
 9  .178  .113  .  I****.  101.820  .000
10  .200  .112  .  I****.  104.984  .000
11  .208  .111  .  I****.  108.473  .000
12  .271  .110  .  I****.  114.507  .000
13  .161  .109  .  I****.  116.682  .000
14  .055  .108  .  I*  116.936  .000
15  .083  .107  .  I**  117.532  .000
16  .083  .106  .  I**  118.143  .000
17  .119  .105  .  I**  119.417  .000
18  .145  .104  .  I****.  121.368  .000
19  .140  .103  .  I****.  123.223  .000
20  .054  .102  .  I*  123.502  .000
21  .011  .101  .  *  123.514  .000
22  -.037  .099  .  *I  123.651  .000
23  .008  .098  .  *  123.658  .000
24  .181  .097  .  I****  127.137  .000
Plot Symbols:  Autocorrelations *  Two Standard Error Limits .
    
```

ภาพ 14 ลักษณะฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณการขีมน้ำส้มสายชู (BOOK2)

Autocorrelations: BOOK2 book2
 Transformations: natural log, 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	-.317	.135					*****I					5.549	.018
2	-.180	.133					*****I					7.359	.025
3	.113	.132					. I**					8.088	.044
4	-.009	.131					. *					8.093	.088
5	-.056	.129					. *I					8.283	.141
6	.016	.128					. *					8.298	.217
7	-.048	.127					. *I					8.442	.295
8	.042	.125					. I*					8.553	.381
9	-.132	.124					. ****I					9.690	.376
10	.196	.122					. I****					12.265	.268
11	.216	.121					. I****					15.475	.162
12	-.486	.119			*****	*****I						32.082	.001
13	.088	.118					. I**					32.643	.002
14	-.019	.116					. *					32.669	.003
15	.099	.115					. I**					33.410	.004
16	-.030	.113					. *I					33.482	.006
17	-.054	.112					. *I					33.719	.009
18	.044	.110					. I*					33.880	.013
19	.086	.108					. I**					34.505	.016
20	-.046	.107					. *I					34.688	.022
21	.105	.105					. I**					35.692	.024
22	-.059	.103					. *I					36.013	.030
23	-.210	.102					. ****I					40.299	.014
24	.192	.100					. I****					44.001	.008

Partial Autocorrelations: BOOK2 book2
 Transformations: natural log, difference (1), seasonal difference (1 at 12)

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	-.317	.139					*****I				
2	-.312	.139					*****I				
3	-.075	.139					. **I				
4	-.055	.139					. *I				
5	-.068	.139					. *I				
6	-.045	.139					. *I				
7	-.102	.139					. **I				
8	-.022	.139					. *				
9	-.193	.139					. ****I				
10	.101	.139					. I**				
11	.344	.139					. I*****				
12	-.276	.139					*****I				
13	-.148	.139					. ***I				
14	-.350	.139					*.*****I				
15	.040	.139					. I*				
16	.014	.139					. *				
17	-.043	.139					. *I				
18	-.016	.139					. *				
19	-.004	.139					. *				
20	.052	.139					. I*				
21	-.044	.139					. *I				
22	.132	.139					. I***				
23	-.032	.139					. *I				
24	.028	.139					. I*				

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 65 Computable first lags after differencing: 51

ภาพ 15 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติและฟังก์ชันอัตโนมัติหารีเบคของผลต่าง และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรอง (BOOK2)

3.1.2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์โมเดล $ARIMA(0,1,1) \times SARIMA(1,1,0)_{12}$ หรือ $IMA(1,1) \times SARI(1,1)_{12}$ ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\theta}_1$ และ $\hat{\phi}_{12}$ ได้เท่ากับ 0.548 และ -0.671 ตามลำดับ ค่าคงที่ $\hat{\delta} = 0.009$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{Z}_t = 0.009 - 0.548 a_{t-1} - 0.671 (Z_{t-1} - Z_{t-2} - Z_{t-13} + Z_{t-14}) + Z_{t-1} + Z_{t-12} - Z_{t-13} + a_t \quad \dots(77)$$

$$\hat{Z}_{65} = 0.009 - 0.548 a_{64} - 0.671 (Z_{64} - Z_{63} - Z_{52} + Z_{51}) + Z_{64} + Z_{53} - Z_{52} + a_{65}$$

เมื่อ Z_t คือ ปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรอง

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา $t+T$ จากสมการ (76) ค่า a_t มีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา 66, 67, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นตอนต่อไป

3.1.2.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box - Ljung Chi-Square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า $\rho_k(a_t) = 0$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ นั่นคือ

$$H_0 : \rho_1(a_t) = \rho_2(a_t) = \dots = \rho_{10}(a_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(a_t) \text{ มีอย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ขอบรับสมมติฐานหลัก ($Q_{10} = 13.536$, $p = 0.195$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้ กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

3.1.2.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีความเหมาะสม มาพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรอง ปีการศึกษา 2540 โดยพยากรณ์ในอนาคต 5 ช่วงเวลา คือตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2540 ถึงเดือนมีนาคม 2541 ผลการพยากรณ์พบว่า ปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรองมีแนวโน้มลดลง ดังรายละเอียดในตาราง 26

ตาราง 26 ค่าพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรองปีการศึกษา 2540

ปีการศึกษา 2540	ปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรอง (เล่ม)
พฤษภาคม 2540	82
ธันวาคม 2540	41
มกราคม 2541	39
กุมภาพันธ์ 2541	54
มีนาคม 2541	66

3.1.3 ปริมาณการพิมพ์วิทยานิพนธ์ (BOOK3)

3.1.3.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตปริมาณการพิมพ์วิทยานิพนธ์ (BOOK3) ในตาราง 20 มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบบวก โดยใช้ลอการิทึม และวิเคราะห์หาฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_x) พบว่าลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์หรือคอเรลโลแกรมของ r_{12} , r_{24} มีค่าสูง แสดงว่าอนุกรมชุดนี้เป็นอนุกรมไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ซึ่งสอดคล้องกับผลการตรวจสอบ ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย ในตอนที่ 2 ตามหลักการวิเคราะห์ในตอนนี้ ผู้วิจัยต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาไม่คงที่ ให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่โดยการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล แต่ในการวิจัยครั้งนี้ เมื่อผู้วิจัยตรวจสอบลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยการวิเคราะห์การถดถอย พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้อธิบายลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม ได้เพียง 7.9 % ($R^2 = 0.079$) และสอดคล้องกับลักษณะของคอเรลโลแกรม ดังภาพ 16 ซึ่งพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้มน้อยมาก ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงแปลงให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยแยกเป็น 2 กรณี

กรณีที่ 1 แปลงให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 และผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 1 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ ARIMA(0,1,1), ARIMA(0,1,2), ARIMA(1,1,0), ARIMA(2,1,0), ARIMA(1,1,1), ARIMA(1,1,2), ARIMA(2,1,1), ARIMA(2,1,2) และกำหนดโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ SARIMA(0,1,1)₁₂, SARIMA(0,1,2)₁₂

SARIMA(1,1,0)₁₂ SARIMA(2,1,0)₁₂ SARIMA(1,1,1)₁₂ SARIMA(1,1,2)₁₂ SARIMA(2,1,1)₁₂ SARIMA(2,1,2)₁₂ เมื่อนำโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 1 และโมเดล ARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มารวมกัน (intergrate) จะได้โมเดล ARIMA(p,d,q) × SARIMA(P,D,Q)₁₂ ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด $8 \times 8 = 64$ โมเดล

กรณีที่ 2 แปลงให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยการหาผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 เพียงอย่างเดียว แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ ARIMA(0,0,1), ARIMA(0,0,2), ARIMA(1,0,0), ARIMA(2,0,0), ARIMA(1,0,1), ARIMA(1,0,2), ARIMA(2,0,1), ARIMA(2,0,2) และกำหนดโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ SARIMA(0,1,1)₁₂ SARIMA(0,1,2)₁₂ SARIMA(1,1,0)₁₂ SARIMA(2,1,0)₁₂ SARIMA(1,1,1)₁₂ SARIMA(1,1,2)₁₂ SARIMA(2,1,1)₁₂ SARIMA(2,1,2)₁₂ เมื่อนำโมเดล ARIMA(p,d,q) และโมเดล SARIMA(P,D,Q)₁₂ ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มารวมกัน (intergrate) จะได้โมเดล ARIMA(p,d,q) × SARIMA(P,D,Q)₁₂ ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด $8 \times 8 = 64$ โมเดล

ดังนั้นในการแปลงข้อมูลปริมาณการขมิ้นวิทยานิพนธ์ (BOOK3) ให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ทั้ง 2 กรณี จึงสามารถกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) × SARIMA(P,D,Q)₁₂ ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด $64 + 64 = 128$ โมเดล แต่ผู้วิจัยต้องเลือกโมเดลที่เหมาะสมที่สุดเพียงโมเดลเดียว ผู้วิจัยจึงประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลทั้ง 128 โมเดล โดยใช้สถิติทดสอบ Box - Ljung Chi-Square statistic และพบว่าโมเดล ARIMA(0,0,1) × SARIMA(1,1,0)₁₂ เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และมีขนาดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการพิจารณาจากลักษณะคอเรโลแกรมของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 ที่พบว่า r_k ของผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็ว ดังภาพ 17 แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมคงที่ $r_k = 0$ สำหรับ $k = 2, 3, \dots$ และ r_k มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 ส่วน r_{12}, r_{24} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 $r_{12} = 0$ สำหรับ $k = 24, 36, \dots$ ผู้วิจัยจึงเลือกโมเดลที่เหมาะสมกับลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติและฟังก์ชันอัตโนมัติพาร์เซิล โดยเปรียบเทียบกับลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตโนมัติพาร์เซิล (ρ_k) และฟังก์ชันอัตโนมัติพาร์เซิล (ρ_{12}) ในตาราง 5 และตาราง 6 พบว่าโมเดลที่เป็นไปได้คือ ARIMA(0,0,1) × SARIMA(1,1,0)₁₂ หรือ MA(1) × SARI(1,1)₁₂ ดังโมเดล

$$Z_t = \delta - \theta_1 a_{t-1} + (1 + \phi_{12})Z_{t-12} - \phi_{12}Z_{t-24} + a_t$$

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าในขั้นต่อไป

3.1.3.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์โมเดล ARIMA(0,0,1) × SARIMA(1,1,0)₁₂

หรือ MA(1) × SARI(1, 1)₁₂ ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\theta}_1$ และ $\hat{\phi}_{12}$ ได้เท่ากับ -0.402, -0.489 ตามลำดับ ค่าคงที่ $\hat{\delta} = -0.077$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{Z}_t = -0.077 + 0.402 a_{t-1} + (1 - 0.489)Z_{t-12} + 0.489 Z_{t-24} + a_t \dots\dots(78)$$

นั่นคือ $\hat{Z}_{65} = -0.077 + 0.402 a_{64} + (1 - 0.489)Z_{53} + 0.489 Z_{41} + a_{65}$

เมื่อ Z_t คือ ปริมาณการเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา $t+T$

จากสมการ (77) ค่า a_t มีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา 66, 67, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นต่อไป

Autocorrelations: BOOK3 book3
 Transformations: natural log
 Auto- Stand.

Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	.365	.121					I****.*					9.069	.003
2	.108	.120					I**					9.870	.007
3	-.032	.119					*I					9.940	.019
4	-.131	.118					***I					11.159	.025
5	.047	.117					I*					11.321	.045
6	.029	.116					I*					11.385	.077
7	.125	.115					I***					12.562	.084
8	-.089	.114					**I					13.173	.106
9	-.078	.113					**I					13.644	.136
10	-.088	.112					**I					14.263	.161
11	-.044	.111					*I					14.416	.211
12	.229	.110					I****.*					18.719	.096
13	.006	.109					*					18.721	.132
14	-.051	.108					*I					18.946	.167
15	-.046	.107					*I					19.127	.208
16	-.075	.106					**I					19.634	.237
17	.032	.105					I*					19.725	.289
18	.003	.104					*					19.726	.348
19	-.013	.103					*					19.743	.410
20	-.098	.102					**I					20.669	.417
21	-.037	.101					*I					20.804	.471
22	-.051	.099					*I					21.068	.517
23	.031	.098					I*					21.167	.571
24	.240	.097					I****.*					27.292	.291

ภาพ 16 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของข้อมูลปริมาณการเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์ (BOOK3)

Autocorrelations: BOOK3 book3
 Transformations: natural log, seasonal difference (1 at 12)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	.481	.134					I****	*****				12.975	.000
2	.211	.132					I****					15.515	.000
3	.019	.131					*					15.537	.001
4	-.123	.130					**I					16.438	.002
6	-.126	.128					***I					17.399	.004
6	-.012	.127					*					17.408	.008
7	.080	.126					I**					17.614	.013
8	.071	.124					I*					18.136	.020
9	-.003	.123					*					18.137	.034
10	-.045	.121					*I					18.276	.050
11	-.135	.120					***I					19.540	.052
12	-.307	.119					*.****I					26.226	.010
13	-.229	.117					*****I					30.041	.005
14	-.119	.116					**I					31.092	.005
15	-.025	.114					*					31.139	.008
16	-.020	.113					*					31.170	.013
17	.130	.111					I****					32.533	.013
18	.205	.110					I****					36.044	.007
19	.032	.108					I*					36.132	.010
20	.035	.106					I*					36.240	.014
21	-.027	.105					*I					36.305	.020
22	-.121	.103					**I					37.685	.020
23	-.046	.101					*I					37.895	.026
24	-.006	.100					*					37.899	.036

Partial Autocorrelations: BOOK3 book3
 Transformations: natural log, seasonal difference (1 at 12)

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	.481	.137					I****	*****			
2	-.027	.137					*I				
3	-.094	.137					**I				
4	-.120	.137					***I				
5	-.003	.137					*				
6	.104	.137					I**				
7	.067	.137					I*				
8	-.042	.137					*I				
9	-.085	.137					**I				
10	-.010	.137					*				
11	-.083	.137					**I				
12	-.250	.137					*****I				
13	.014	.137					*				
14	.030	.137					I*				
15	.015	.137					*				
16	-.115	.137					**I				
17	.167	.137					I****				
18	.178	.137					I****				
19	-.159	.137					***I				
20	.044	.137					I*				
21	-.049	.137					*I				
22	-.082	.137					**I				
23	.045	.137					I*				
24	-.117	.137					**I				

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 70 Computable first lags after differencing: 52

ภาพ 17 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติและฟังก์ชันอัตโนมัติพาร์เรลของผลต่าง
 ฤดูกาลลำดับที่ 1 ของข้อมูลปริมาณการดื่มวิธานินท์ (BOOK3)

3.1.3.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า $\rho_k(a_k) = 0$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ นั่นคือ

$$H_0 : \rho_1(a_1) = \rho_2(a_2) = \dots = \rho_m(a_m) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(a_k) \text{ มีอย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ขอบรับสมมติฐานหลัก ($Q_{10} = 6.486$, $p = 0.773$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้ กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

3.1.3.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีความเหมาะสม มาพยากรณ์ปริมาณการดื่มวิธานิพนธ์ ปีการศึกษา 2540 โดยพยากรณ์ในอนาคต 5 ช่วงเวลา คือตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2540 ถึงเดือนมีนาคม 2541 ผลการพยากรณ์พบว่า ปริมาณการดื่มวิธานิพนธ์มีแนวโน้มลดลง ดังรายละเอียดในตาราง 27

ตาราง 27 ค่าพยากรณ์ปริมาณการดื่มวิธานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ปีการศึกษา 2540	ปริมาณการดื่มวิธานิพนธ์ (เล่ม)
พฤศจิกายน 2540	3,031
ธันวาคม 2540	1,754
มกราคม 2541	2,208
กุมภาพันธ์ 2541	2,012
มีนาคม 2541	1,264

ตอนที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

3.2.1 จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1)

3.2.1.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตจำนวนนักเรียน ในตาราง 21 มาหาค่าฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่า ลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์หรือคอเรโลแกรมของ r_k มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้า ดังภาพ 18 แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และสอดคล้องกับการตรวจสอบ ทิวฮาร์ววิเคราะห์การถดถอย ในตอนที่ 2 ผู้วิจัยจึงต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1

เมื่อพิจารณาลักษณะคอเรโลแกรมของการหาผลต่างลำดับที่ 1 พบว่า r_k ของผลต่างลำดับที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้า ดังภาพ 19 แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลายังไม่คงที่ ผู้วิจัยจึงหาผลต่างลำดับที่ 2 ต่อไป แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 2 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ ARIMA(0,2,1), ARIMA(0,2,2), ARIMA(1,2,0), ARIMA(2,2,0), ARIMA(1,2,1), ARIMA(1,2,2), ARIMA(2,2,1), ARIMA(2,1,2)

ดังนั้นในการแปลงข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา(STU1) ให้อยู่ในรูปอนุกรมโดยการหาผลต่างลำดับที่ 2 จึงสามารถกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด 8 โมเดล แต่ผู้วิจัยต้องเลือกโมเดลที่เหมาะสมที่สุดเพียงโมเดลเดียว ผู้วิจัยจึงประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลทั้ง 8 โมเดล โดยใช้สถิติทดสอบ Box - Ljung Chi-Square statistic และพบว่าโมเดล ARIMA(0,2,1) เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และมีขนาดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการพิจารณาจากลักษณะคอเรโลแกรมของ r_k ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็ว ดังภาพ 20 แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมคงที่ และ r_k เป็น 0 สำหรับ $k = 2, 3, \dots$ ส่วน r_{1k} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 ผู้วิจัยจึงเลือกโมเดลที่เหมาะสม กับลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ทาร์เชียล โดยเปรียบเทียบกับลักษณะทางทฤษฎีของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (ρ_k) และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ทาร์เชียล (ρ_{1k}) ในตาราง 5 พบว่าโมเดลที่เป็นไปได้คือ ARIMA(0,2,1) หรือ IMA(2,1)

$$Z_t = \delta + 2Z_{t-1} - Z_{t-2} - \theta_1 a_{t-1} + a_t \quad \text{โดยที่ } |\theta_1| < 1$$

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าในขั้นต่อไป

Autocorrelations: STU1 stul

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	.966	.126						I****	*****			58.857	.000
2	.930	.125						I****	*****			114.323	.000
3	.893	.124						I****	*****			166.334	.000
4	.854	.123						I****	*****			214.774	.000
5	.814	.122						I****	*****			259.576	.000
6	.773	.120						I****	*****			300.772	.000
7	.732	.119						I****	*****			338.420	.000
8	.689	.118						I****	*****			372.369	.000
9	.640	.117						I****	*****			402.287	.000
10	.590	.116						I****	*****			428.150	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 60 Computable first lags: 59

ภาพ 18 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1)

Autocorrelations: STU1 stul
 Transformations: difference (1)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	.428	.127						I****	****			11.381	.001
2	.443	.126						I****	****			23.749	.000
3	.308	.125						I****	*			29.853	.000
4	.227	.124						I****				33.235	.000
5	.282	.122						I****	*			38.529	.000
6	.201	.121						I****				41.268	.000
7	.225	.120						I****				44.762	.000
8	.158	.119						I***				46.513	.000
9	.078	.118						I**				46.956	.000
10	.200	.117						I****				49.890	.000

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 60 Computable first lags after differencing: 58

ภาพ 19 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของผลต่างลำดับที่ 1 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1)

Autocorrelations: STU1 stul
 Transformations: difference (2)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	-.512	.128						*****	****I			15.997	.000
2	.094	.127						I**				16.541	.000
3	-.035	.126						*I				16.617	.001
4	-.123	.125						**I				17.599	.001
5	.135	.123						I****				18.801	.002
6	-.084	.122						**I				19.271	.004
7	.094	.121						I**				19.879	.006
8	-.007	.120						*				19.883	.011
9	-.169	.119						***I				21.912	.009
10	.296	.117						I****	*			28.254	.002

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 60 Computable first lags after differencing: 57

Partial Autocorrelations: STU1 stul
 Transformations: difference (2)

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	-.512	.131									
2	-.228	.131			*****	*****I					
3	-.132	.131				*****I					
4	-.269	.131					*****I				
5	-.114	.131						**I			
6	-.122	.131						**I			
7	-.016	.131						*			
8	.039	.131						I*			
9	-.192	.131						*****I			
10	.157	.131							I***		

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
 Total cases: 60 Computable first lags after differencing: 57

ภาพ 20 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์พาร์เรียดของผลต่างลำดับที่ 2 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา (STU1)

3.2.1.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ โมเดล ARIMA(0,2,1) หรือ IMA(2,1) ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\theta}_1$ ได้เท่ากับ 0.714 ค่าคงที่ $\hat{\delta} = -5507.844$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{Z}_t = -5507.844 + 2Z_{t-1} - Z_{t-2} - 0.714 a_{t-1} + a_t \dots\dots\dots(79)$$

นั่นคือ $\hat{Z}_{60} = -5507.844 + 2Z_{59} - Z_{58} - 0.714 a_{59} + a_{60}$

เมื่อ Z_t คือ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา
 a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา $t+T$ จากสมการ (78) ถ้า a_t มีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา 61, 62, ...

ผู้จัดทำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นตอนต่อไป

3.2.1.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้ใช้ตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box - Ljung Chi-Square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า $\rho_k(a_k) = 0$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ นั่นคือ

$$H_0 : \rho_1(a_1) = \rho_2(a_2) = \dots = \rho_m(a_m) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(a_k) \text{ มีอย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ขอบรับสมมติฐานหลัก ($Q_{10} = 7.167$, $p = 0.710$) แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

3.2.1.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีความเหมาะสม มาพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาในอนาคต 5 ช่วงเวลา คือ พยากรณ์ ตั้งแต่ปีการศึกษา 2540 - 2544 ผลการพยากรณ์ พบว่า จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาจะมีแนวโน้มลดลง ดังรายละเอียดในตาราง 28

ตาราง 28 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาปีการศึกษา 2540 - 2544

ปีการศึกษา	จำนวนนักเรียน (คน)
2540	6,130,718
2541	6,009,548
2542	5,882,870
2543	5,750,685
2544	5,612,992

3.2.2 จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2)

3.2.2.1 การกำหนดโมเดล ผู้วิจัยนำค่าสังเกตจำนวนนักเรียน ในตาราง 22 มาหาค่าฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (r_k) พบว่าลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์หรือคอเรลโตแกรมของ r_k มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้า ดังภาพ 21 แสดงว่าอนุกรมเวลาชุดนี้เป็นอนุกรมไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงแนวโน้ม และสอดคล้องกับการตรวจสอบ ด้วยการวิเคราะห์การทดสอบในตอนที่ 2 ผู้วิจัยจึงต้องแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาให้อยู่ในรูปอนุกรมคงที่ โดยการหาผลต่างลำดับที่ 1 เมื่อพิจารณาจากคอเรลโตแกรม พบว่า r_k ของผลต่างลำดับที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้า ดังภาพ 22 แสดงว่าอนุกรมเวลาซึ่งไม่คงที่ ผู้วิจัยจึงหาผลต่างลำดับที่ 2 ต่อไป เมื่อได้อนุกรมคงที่แล้วกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ของผลต่างลำดับที่ 2 ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด คือ ARIMA(0,2,1), ARIMA(0,2,2), ARIMA(0,2,3),

ARIMA(1,2,0), ARIMA(2,2,0), ARIMA(1,2,1), ARIMA(1,2,2), ARIMA(2,2,1), ARIMA(2,1,2)

ดังนั้นในการแปลงข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2) ให้อยู่ในรูปอนุกรม โดยการหาผลต่างลำดับที่ 2 จึงสามารถกำหนดโมเดล ARIMA(p,d,q) ที่น่าจะเป็นไปได้ทั้งหมด 9 โมเดล แต่ผู้วิจัยต้องเลือกโมเดลที่เหมาะสมที่สุดเพียงโมเดลเดียว ผู้วิจัยจึงประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลทั้ง 9 โมเดล โดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square statistic และพบว่าโมเดล ARIMA(0,2,3) เป็นโมเดลที่มีความเหมาะสมมากที่สุด และมีขนาดความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์น้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการพิจารณาจาก ลักษณะคอเรลโตแกรม ที่พบว่า r_k ของผลต่างลำดับที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้า ดังภาพ 22 แสดงว่าอนุกรมเวลายังไม่คงที่ ผู้วิจัยจึงหาผลต่างลำดับที่ 2 ต่อไป ซึ่งจากการหาผลต่างลำดับที่ 2 พบว่า คอเรลโตแกรมของ r_k มีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างเร็ว ดังภาพ 23 แสดงว่าอนุกรมเวลาขณะนี้เป็นอนุกรมคงที่ และ r_k เป็น 0 สำหรับ $k = 4, 5, \dots$ ส่วน r_{2k} มีค่าลดลงเร็วใกล้ 0 ผู้วิจัยจึงเลือกโมเดลที่เหมาะสมกับลักษณะของฟังก์ชันอัตโนมัติ สัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์พาร์เซิล โดยเปรียบเทียบกับลักษณะทางทฤษฎีของ ฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์ (ρ_k) และฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์พาร์เซิล (ρ_{pk}) ในตาราง 5 พบว่า โมเดลที่เป็นไปได้คือ ARIMA(0,2,3) หรือ IMA(2,3)

$$Z_t = \delta + 2Z_{t-1} - Z_{t-2} - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \theta_3 a_{t-3} + a_t \quad \text{โดยที่} \quad \begin{aligned} \theta_3 + \theta_2 + \theta_1 &< 1 \\ \theta_3 - \theta_2 - \theta_1 &< 1 \\ -1 &< \theta_3 < 1 \end{aligned}$$

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปประมาณค่าในขั้นต่อไป

Autocorrelations:		STU2	stu2								Box-Ljung	Prob.		
Lag	Corr.	Auto-Err.	Stand.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1		
1	.923	.126							I*****				53.735	.000
2	.847	.125							I*****				99.725	.000
3	.776	.124							I*****				138.981	.000
4	.711	.123							I*****				172.601	.000
5	.657	.122							I*****				201.798	.000
6	.612	.120							I*****				227.575	.000
7	.575	.119							I*****				250.741	.000
8	.541	.118							I*****				271.668	.000
9	.508	.117							I*****				290.470	.000
10	.471	.116							I*****				306.978	.000

ภาพ 21 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2)

Autocorrelations: STU2 stu2
Transformations: difference (1)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	.631	.127						I****	*****			24.720	.000
2	.496	.126						I****	*****			40.271	.000
3	.472	.125						I****	****			54.588	.000
4	.173	.124						I****	.			56.542	.000
5	-.005	.122						*	.			56.544	.000
6	-.113	.121						**I	.			57.412	.000
7	-.128	.120						***I	.			58.548	.000
8	-.154	.119						***I	.			60.212	.000
9	-.017	.118						*	.			60.233	.000
10	.040	.117						I*	.			60.351	.000

ภาพ 22 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ของผลต่างลำดับที่ 1 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2)

Autocorrelations: STU2 stu2
Transformations: difference (2)

Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	-.369	.128					**	****I	.			8.306	.004
2	-.177	.127					.	****I	.			10.245	.006
3	.400	.126						I****	***			20.375	.000
4	-.157	.125						***I	.			21.970	.000
5	-.085	.123						**I	.			22.444	.000
6	-.095	.122						**I	.			23.050	.001
7	.040	.121						I*	.			23.157	.002
8	-.211	.120						****I	.			26.252	.001
9	.133	.119						.	I****	.		27.507	.001
10	.004	.117						.	*	.		27.508	.002

Partial Autocorrelations: STU2 stu2
Transformations: difference (2)

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	-.369	.131					**	****I	.		
2	-.362	.131					**	****I	.		
3	.237	.131						.	I****	.	
4	.076	.131							.	I**	.
5	.017	.131								*	.
6	-.364	.131						**	****I	.	
7	-.195	.131							****I	.	
8	-.422	.131						***	****I	.	
9	.102	.131							.	I**	.
10	.041	.131							.	I*	.

Plot Symbols: Autocorrelations * Two Standard Error Limits .
Total cases: 60 Computable first lags after differencing: 57

ภาพ 23 ลักษณะฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์และฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์พาร์เรียมของผลต่างลำดับที่ 2 ของข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา (STU2)

3.2.2.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์ โมเดล ARIMA(0,2,3) หรือ IMA(2,3) ประมาณค่าพารามิเตอร์ $\hat{\theta}_1$, $\hat{\theta}_2$ และ $\hat{\theta}_3$ ได้เท่ากับ 0.188, 0.205 และ -0.983 ตามลำดับ ค่าคงที่ $\hat{\delta} = 2771.085$ จะได้สมการพยากรณ์ดังนี้

$$\hat{Z}_t = 2771.085 + 2Z_{t-1} - Z_{t-2} - 0.188 a_{t-1} - 0.205 a_{t-2} + 0.983 a_{t-3} + a_t \quad \dots\dots(80)$$

นั่นคือ $\hat{Z}_{60} = 2771.085 + 2Z_{59} - Z_{58} - 0.188 a_{59} - 0.205 a_{58} + 0.983 a_{57} + a_{60}$

เมื่อ Z_t คือ จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ จะมีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา $t+T$

จากสมการ (79) ค่า a_t มีค่าเป็น 0 ในช่วงเวลา 61, 62, ...

ผู้วิจัยนำโมเดลนี้ไปตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลในขั้นตอนต่อไป

3.2.2.3 การตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดล ผู้วิจัยตรวจสอบความเหมาะสมของโมเดลโดยใช้สถิติทดสอบ Box-Ljung Chi-Square statistic (Q_m) เพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ว่า $\rho_k(a_t) = 0$ สำหรับ $k = 1, 2, \dots, m$ นั่นคือ

$$H_0 : \rho_1(a_t) = \rho_2(a_t) = \dots = \rho_{10}(a_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(a_t) \text{ มีอย่างน้อยหนึ่งค่าไม่เท่ากับ } 0$$

ผลการทดสอบพบว่า ขอมรับสมมติฐานหลัก ($Q_{10} = 13.603$, $p = 0.192$) แสดงว่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ห่างกัน k ค่า เป็นอิสระต่อกัน จึงสรุปว่าโมเดลที่ผู้วิจัยกำหนดให้กับอนุกรมเวลาชุดนี้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้พยากรณ์ได้

3.2.2.4 การพยากรณ์ค่าในอนาคต ผู้วิจัยนำโมเดลที่ได้ตรวจสอบแล้วว่ามีความเหมาะสม มาพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในอนาคต 5 ช่วงเวลา คือ พยากรณ์ตั้งแต่ ปีการศึกษา 2540 - 2544 ผลการพยากรณ์พบว่า จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังรายละเอียดในตาราง 29

ตาราง 29 ค่าพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีการศึกษา 2540 - 2544

ปีการศึกษา	จำนวนนักเรียน (คน)
2540	4,208,097
2541	4,422,787
2542	4,604,586
2543	4,808,325
2544	5,034,524

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยตรวจสอบผลการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกันต์ กับผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่ และวิธีทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ในครั้งนี้ผู้วิจัยนำเสนอผลการพยากรณ์ ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย วิธีเคลื่อนที่ และวิธีทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล โดยผู้วิจัยนำเสนอเฉพาะผลการพยากรณ์ 5 ช่วงเวลาดังหน้า ส่วนรายละเอียดของผลการพยากรณ์ทั้งหมด ผู้วิจัยนำเสนอไว้ในภาคผนวก ข

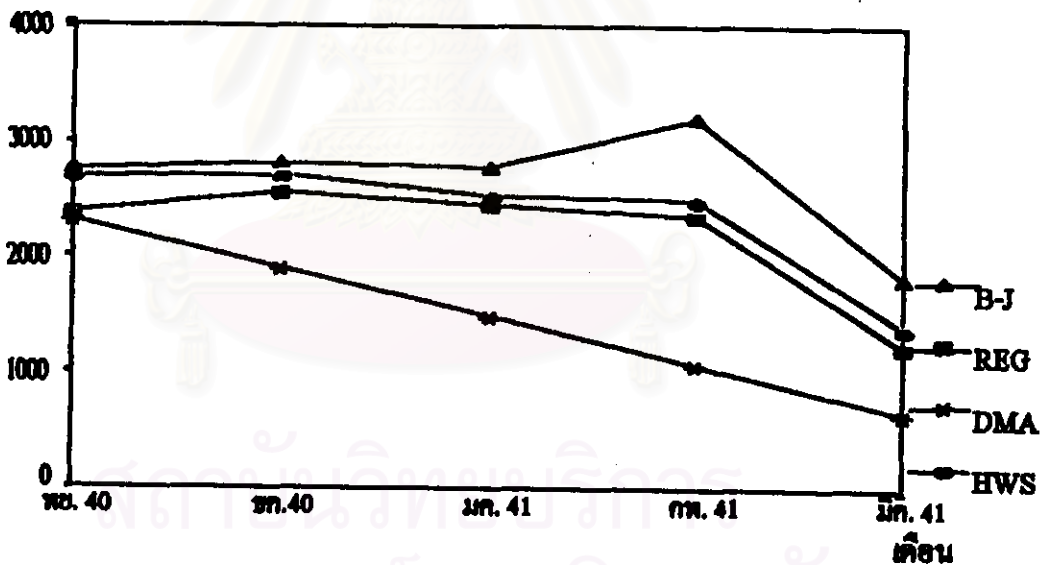
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ในตอนนี้ ผู้วิจัยนำเสนอเพื่อใช้ในการตรวจสอบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกันต์ กับผลการพยากรณ์ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่ และวิธีทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล เท่านั้น ในที่นี้ผู้วิจัยจึงไม่นำเสนอรายละเอียดหรือขั้นตอนต่าง ๆ ของวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่ และวิธีทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล จากการวิจัย พบว่า ผลการพยากรณ์ 5 ช่วงเวลาดังหน้าของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้ง 5 ชุด ให้ผลดังตาราง 30-34

จากตาราง 30 เมื่อนำผลการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกันต์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) ขนาด 3x3 และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) มาพล็อตกราฟ ได้ผลดังภาพ 24

ตาราง 30 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการซื้อหนังสือทั่วไป โดยพยากรณ์
ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา

เดือน	จำนวน (เล่ม)			
	B-J	REG	DMA	HWS
พฤศจิกายน 2540	2,757	2,383	2,321	2,696
ธันวาคม 2540	2,818	2,555	1,902	2,704
มกราคม 2541	2,768	2,448	1,485	2,534
กุมภาพันธ์ 2541	3,203	2,361	1,064	2,487
มีนาคม 2541	1,818	1,223	645	1,391

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



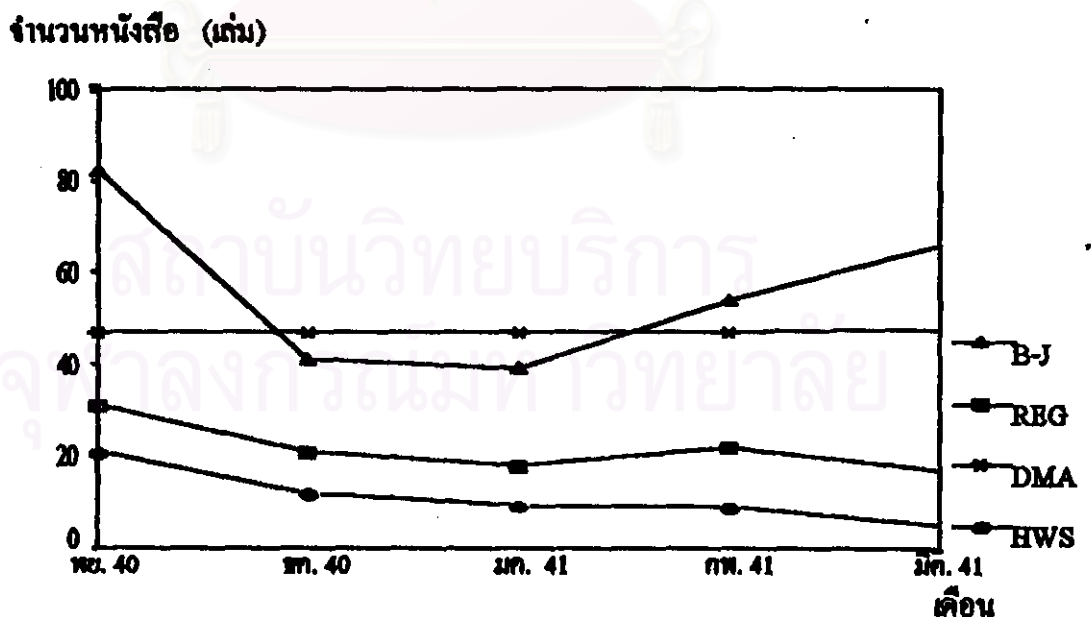
ภาพ 24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการซื้อหนังสือทั่วไป

จากกราฟ เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ปริมาณการซื้อหนังสือทั่วไป 5 ช่วงเวลาดัง
หน้า พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกันต์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG)
และวิธีการทำให้เว็ชเชอร์ไปเนนเชิงลบแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS) มีลักษณะการเคลื่อนไหวเพิ่ม
ขึ้นและตกลงในทิศทางที่ใกล้เคียงกัน ส่วนวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) มีลักษณะการ
เคลื่อนไหวแตกต่างจากวิธีอื่น ๆ คือมีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบลดลงอย่างสม่ำเสมอ

ตาราง 31 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการขึ้นหนังสือสำรอง โดยพยากรณ์ล่วงหน้า 5 ช่วงเวลา

เดือน	จำนวน (เล่ม)			
	B-J	REG	DMA	HWS
พฤศจิกายน 2540	82	31	47.22	21
ธันวาคม 2540	41	21	47.16	12
มกราคม 2541	39	18	47.1	9.14
กุมภาพันธ์ 2541	54	22	47.04	8.82
มีนาคม 2541	66	17	47.98	5

จากตาราง 31 เมื่อนำผลการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการขึ้นหนังสือสำรอง ด้วยวิธี บ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) ขนาด 3x3 และวิธีการทำให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) มาพล็อตกราฟ ได้ผลดังภาพ 25



ภาพ 25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการขึ้นหนังสือสำรอง

จากกราฟ เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ปริมาณการดื่มหนังสือสารอง 5 ช่วงเวลาดังหน้า พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) และวิธีการทำให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) มีลักษณะการเคลื่อนไหวลดลงและเพิ่มขึ้นในทิศทางที่ใกล้เคียงกัน แต่ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) มีลักษณะการเคลื่อนไหวหรือการเปลี่ยนแปลงสูงกว่า ส่วนวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) มีลักษณะการเคลื่อนไหวน้อยมาก

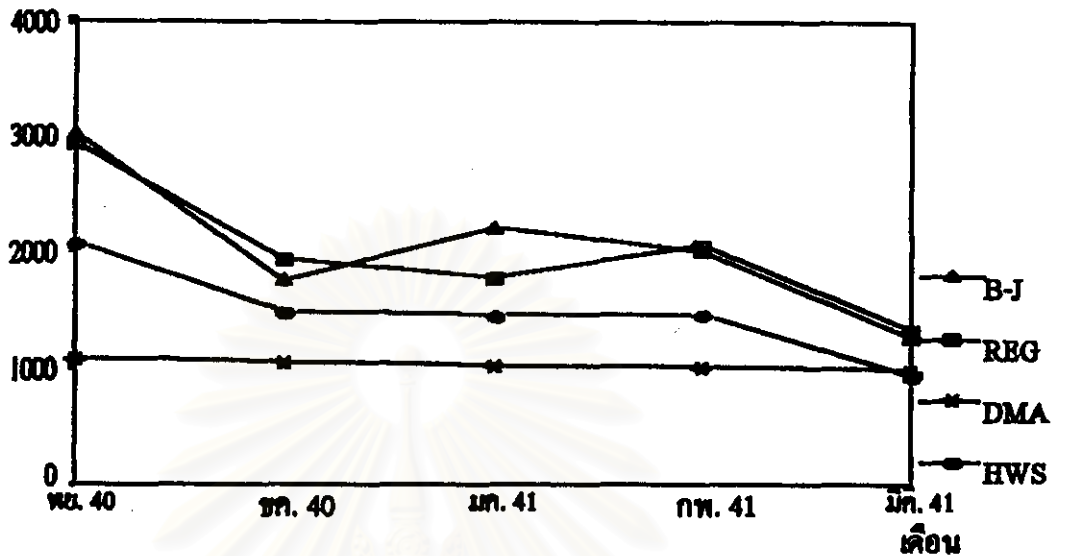
ตาราง 32 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณการดื่มวิธานิพนธ์ โคષพยากรณ์
ถ่วงหน้า 5 ช่วงเวลา

เดือน	จำนวน (เล่ม)			
	B-J	REG	DMA	HWS
พฤศจิกายน 2540	3,031	2,941	1,075	2,076
ธันวาคม 2540	1,754	1,935	1,054	1,489
มกราคม 2541	2,208	1,779	1,033	1,452
กุมภาพันธ์ 2541	2,012	2,061	1,011	1,476
มีนาคม 2541	1,264	1,342	990	953

จากตาราง 32 เมื่อนำผลการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการดื่มวิธานิพนธ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) ขนาด 6x6 และวิธีการทำให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) มาพล็อตกราฟ ได้ผลดังภาพ 26

จากกราฟในภาพ 26 เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์ปริมาณการดื่มวิธานิพนธ์ 5 ช่วงเวลาดังหน้า พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) และวิธีการทำให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS) มีลักษณะการเคลื่อนไหวลดลงและเพิ่มขึ้นในทิศทางที่ใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงเวลาที่ 3 ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีลักษณะการเคลื่อนไหวหรือการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่ลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาที่ 4 ส่วนวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) มีลักษณะการเคลื่อนไหวแตกต่างจากวิธีอื่น ๆ ก็มีลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



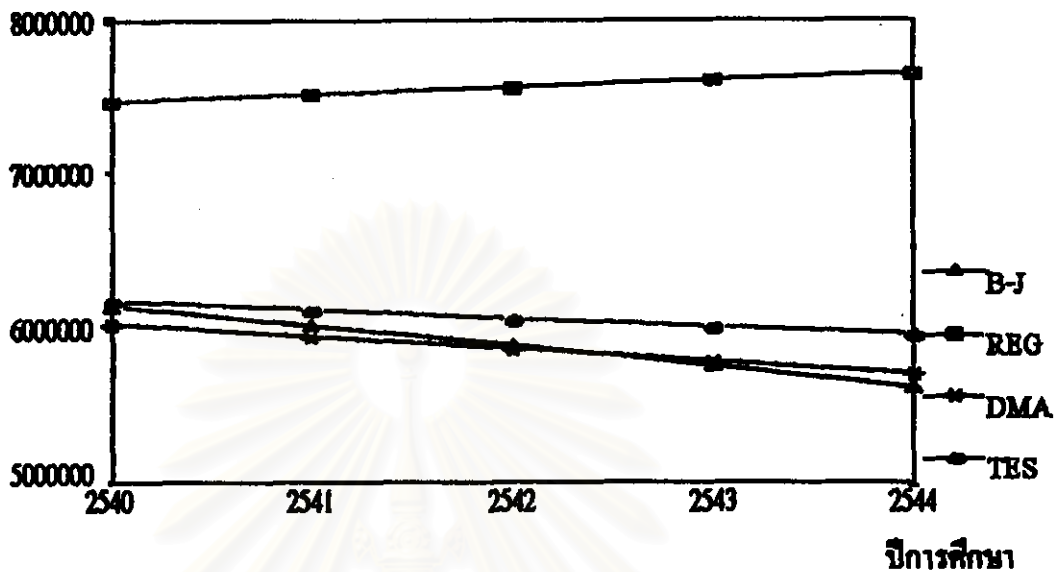
ภาพ 26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการศึกษาการขยายปริมาณการขีมิวิทยานินท์

ตาราง 33 การเปรียบเทียบผลการศึกษาการขยายจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา โดยขยายการตั้งหน้า 5 ช่วงเวลา

ปีการศึกษา	จำนวน (คน)			
	B-J	REG	DMA	TES
2540	6,130,718	7,474,243	6,017,553	6,175,825
2541	6,009,548	7,520,901	5,938,306	6,111,801
2542	5,882,870	7,565,453	5,859,059	6,054,180
2543	5,750,685	7,607,899	5,779,812	6,002,321
2544	5,612,992	7,648,239	5,700,564	5,955,647

จากตาราง 33 เมื่อนำผลการขยายข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา ด้วยวิธี บ็อกซ์และเงินกันส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเคลื่อนที่ที่สองครั้ง (DMA) ขนาด 3x3 และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสามครั้ง (TES) มาตลอด กราฟ ได้ผลดังภาพ 27

จำนวนนักเรียน (คน)



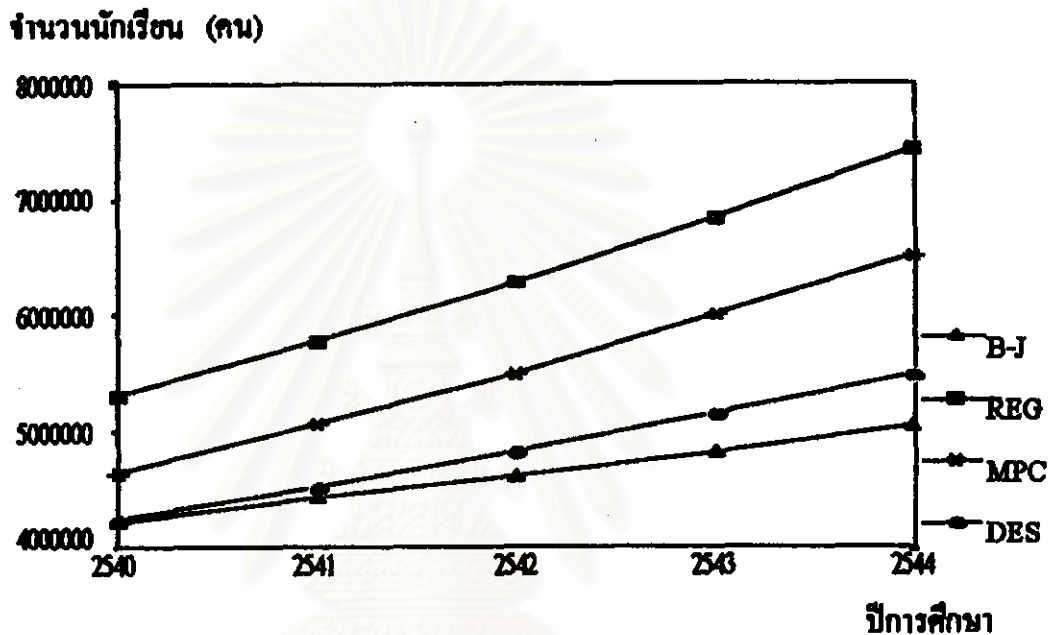
ภาพ 27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา

จากกราฟ เมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา 5 ช่วงเวลา ต่่วงหน้า พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสามครั้ง (TES) มีลักษณะการเคลื่อนไหวลดลงในทิศทางที่เดียวกัน และการพยากรณ์ทั้ง 3 วิธีให้ค่าการพยากรณ์ใกล้เคียงกัน ส่วนวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) มีลักษณะการเคลื่อนไหวแตกต่างจากวิธีอื่น ๆ คือมีลักษณะการเคลื่อนไหวเป็นไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น และให้ค่าการพยากรณ์สูงกว่าวิธีอื่น ๆ

ตาราง 34 การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยพยากรณ์ ต่่วงหน้า 5 ช่วงเวลา

ปีการศึกษา	จำนวน(คน)			
	B-J	REG	MPC	RES
2540	4,208,097	5,306,562	4,632,778	4,237,733
2541	4,422,787	5,776,175	5,064,647	4,520,018
2542	4,604,586	6,287,341	5,496,516	4,821,106
2543	4,808,325	6,843,743	6,006,907	5,142,251
2544	5,034,524	7,449,381	6,517,298	5,484,788

จากตาราง 34 เมื่อนำผลการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา
ศึกษา ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเคลื่อนที่
ที่แบบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (MPC) และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนว
โน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล (EES) มาพล็อตกราฟ ได้ผลดังภาพ 28



28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

จากกราฟเมื่อพิจารณาผลการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา 5 ช่วงเวลาล่วง
หน้า พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย
(REG) วิธีการเคลื่อนที่แบบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (MPC) และวิธีการทำให้เรียบ
แบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล (EES) มีลักษณะการเคลื่อนไหวลดลงใน
ทิศทางที่เดียวกัน และการพยากรณ์วิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) และวิธีการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์
โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล (EES) ให้ค่าการพยากรณ์ใกล้เคียงกัน ส่วนวิธีการ
วิเคราะห์การถดถอย (REG) ให้ค่าการพยากรณ์สูงกว่าวิธีอื่น ๆ

อย่างไรก็ตามผลการพยากรณ์ในขณะนี้ ผู้วิจัยไม่สามารถสรุปได้ว่าผลการพยากรณ์ด้วย
วิธีใด จะให้ค่าการพยากรณ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด ผู้วิจัยจึงต้องตรวจสอบความถูก
ต้องของผลการพยากรณ์ ในตอนต่อไป

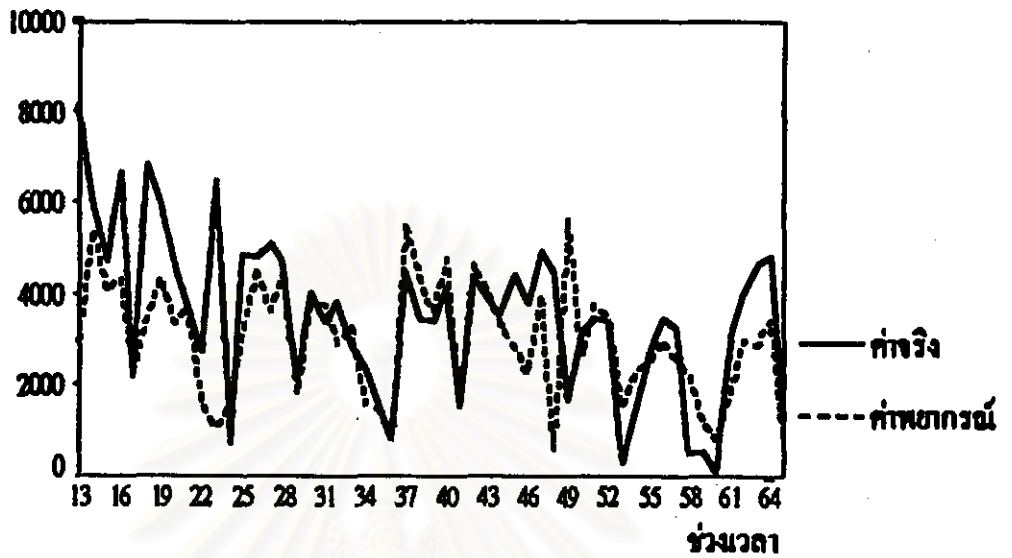
ตอนที่ 4 การตรวจสอบผลการพยากรณ์

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เพื่อตรวจสอบผลการพยากรณ์ด้วยวิธี บ็อกซ์และเจ็นกินส์ เปรียบเทียบกับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ตารางในตอนนี้ผู้วิจัยเสนอผลการวิเคราะห์ 2 ตอน ตอนแรกเป็นการพล็อตกราฟค่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นจริง กับค่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีต่าง ๆ ตอนที่สอง เป็นผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ในแต่ละวิธี ด้วยค่าวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ ได้แก่ รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error หรือ RMSE) ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error หรือ MdAPE) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute Error หรือ GMRAE) ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error หรือ MdRAE) และ ร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ในแต่ละวิธีผู้วิจัยแยกนำเสนอเป็น 2 ตอน คือ ตอนแรกเป็นการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ตอนที่ 2 เป็นการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ตอนที่ 4.1 การพล็อตกราฟค่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นจริง กับค่าผลการพยากรณ์

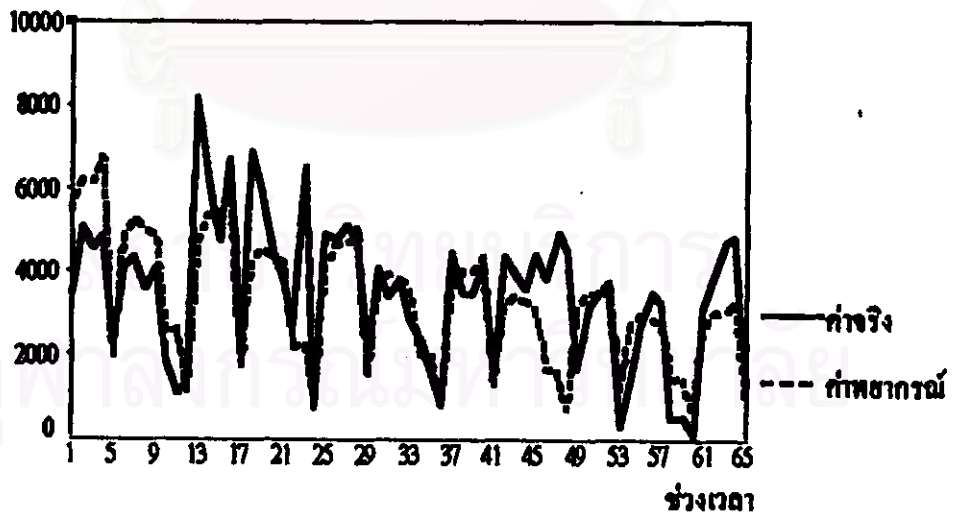
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ เป็นการนำค่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธี บ็อกซ์และเจ็นกินส์ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ซึ่งต่อไปผู้วิจัยจะเรียกว่า ค่าพยากรณ์ กับค่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดขึ้นจริง ในที่นี้ผู้วิจัย เรียกว่า ค่าจริง มาพล็อตกราฟ ดังภาพ 29-58

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



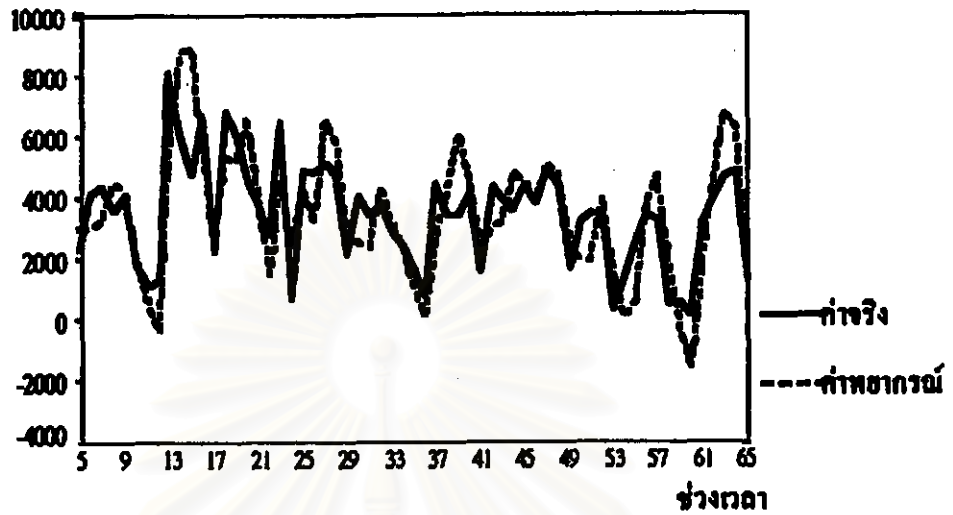
ภาพ 29 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการซื้อหนังสือทั่วไป กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี บ็อกซ์และเงินกิ้นต์

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



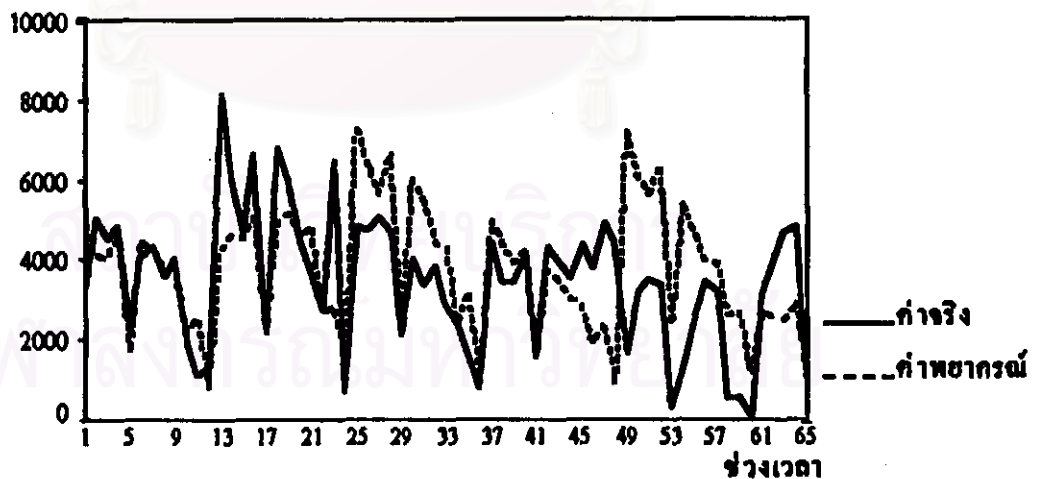
ภาพ 30 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการซื้อหนังสือทั่วไป กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี การวิเคราะห์การถดถอย

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



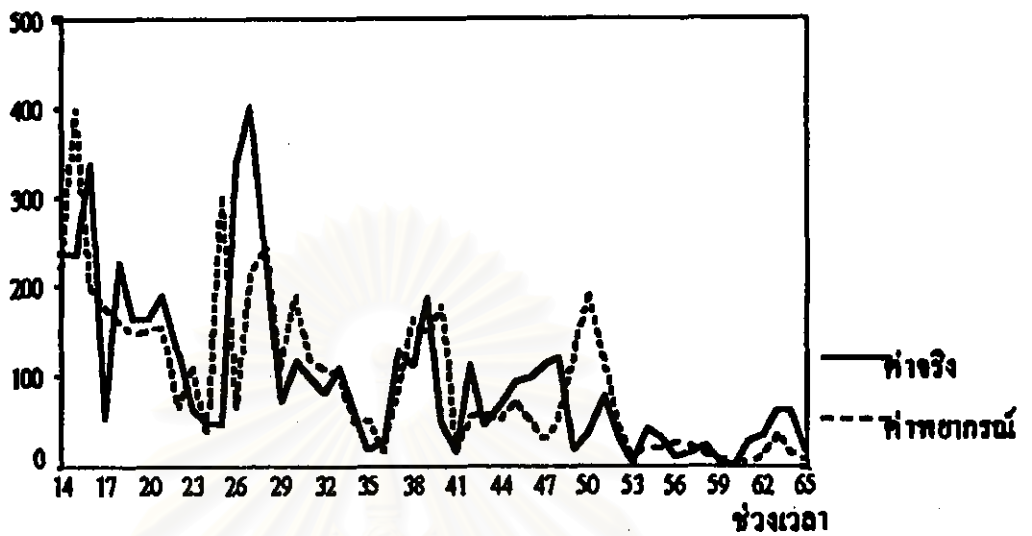
ภาพ 31 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไปกับค่าพยากรณ์ ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



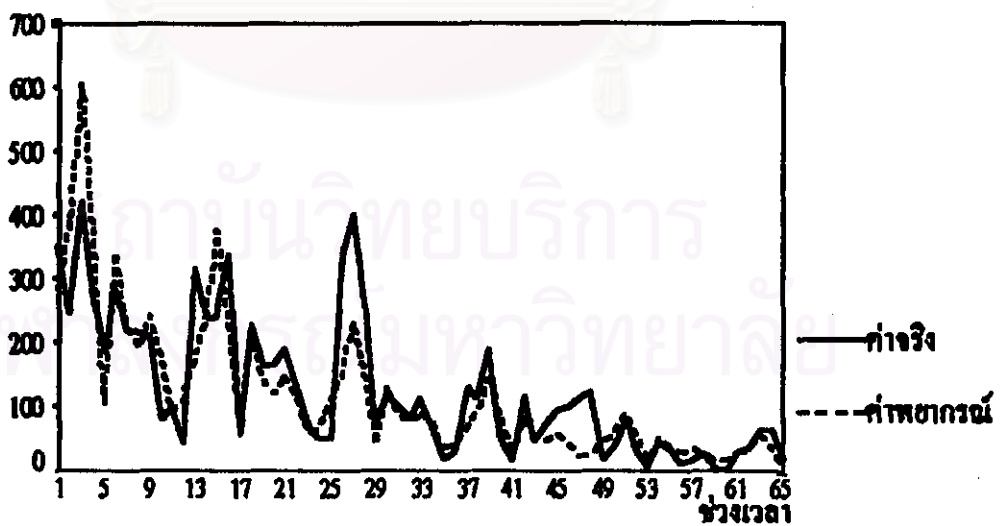
ภาพ 32 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือทั่วไป กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



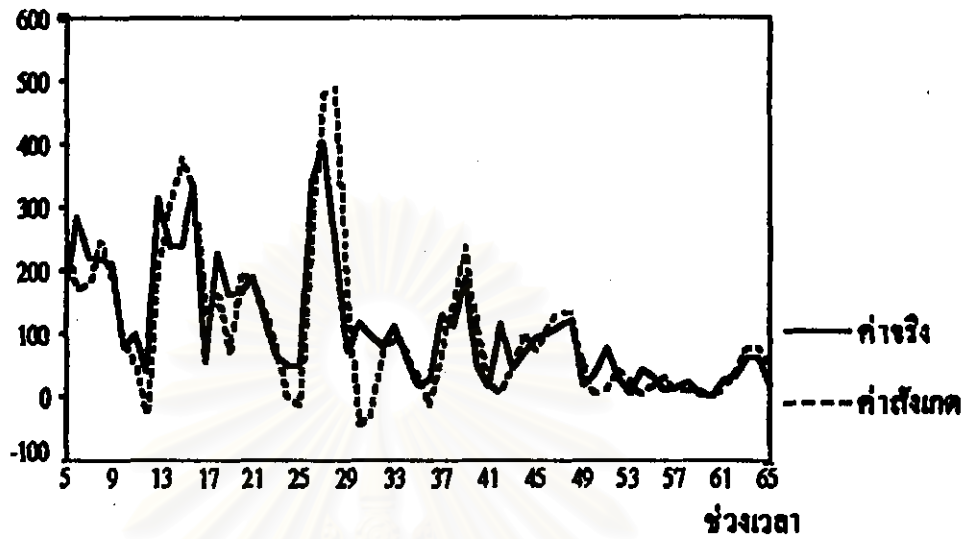
ภาพ 33 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการขึ้นหนังสือสำรอง กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิสต์

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



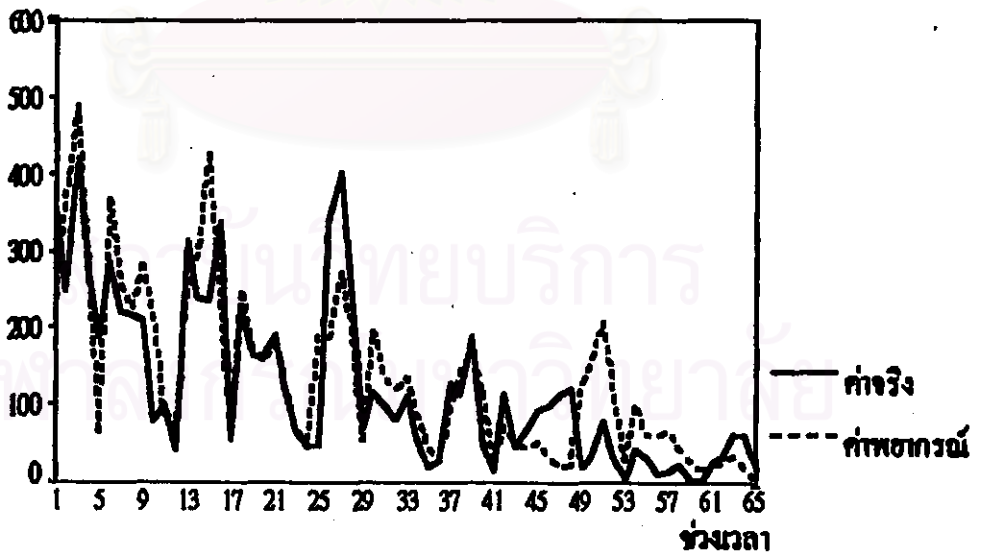
ภาพ 34 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการขึ้นหนังสือสำรอง กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



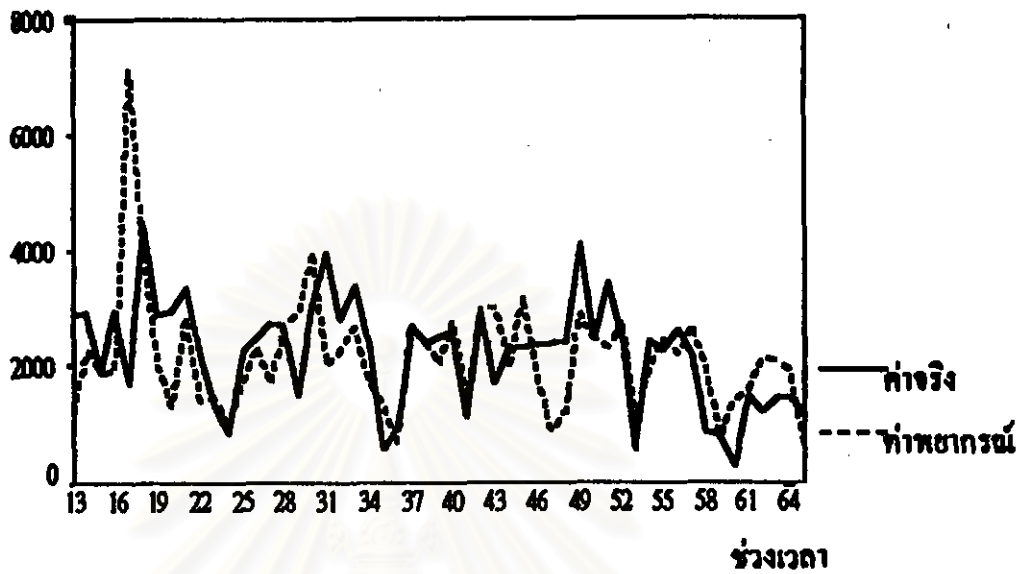
ภาพ 35 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือสำรอง กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



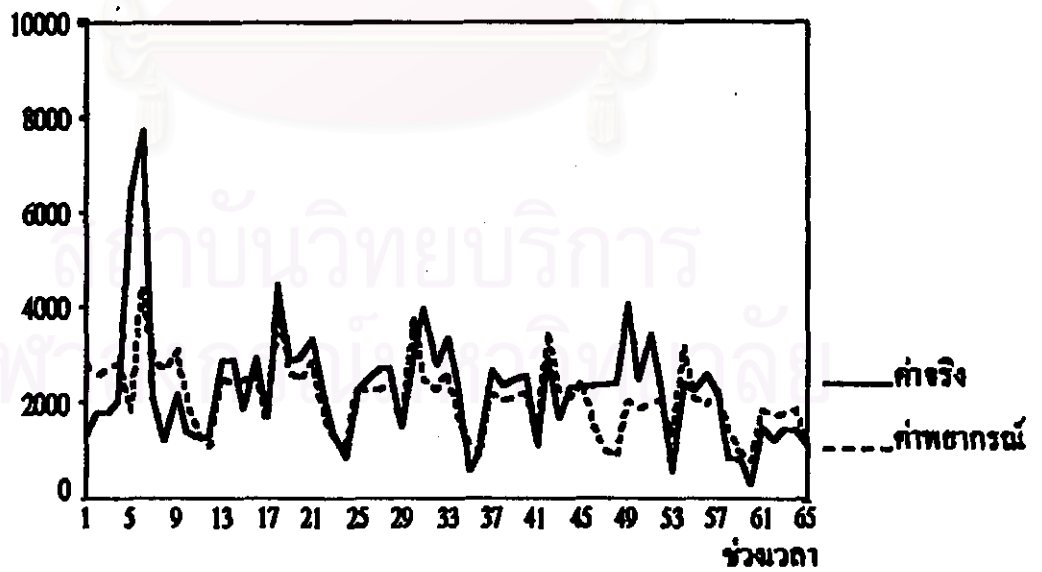
ภาพ 36 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการยืมหนังสือสำรอง กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



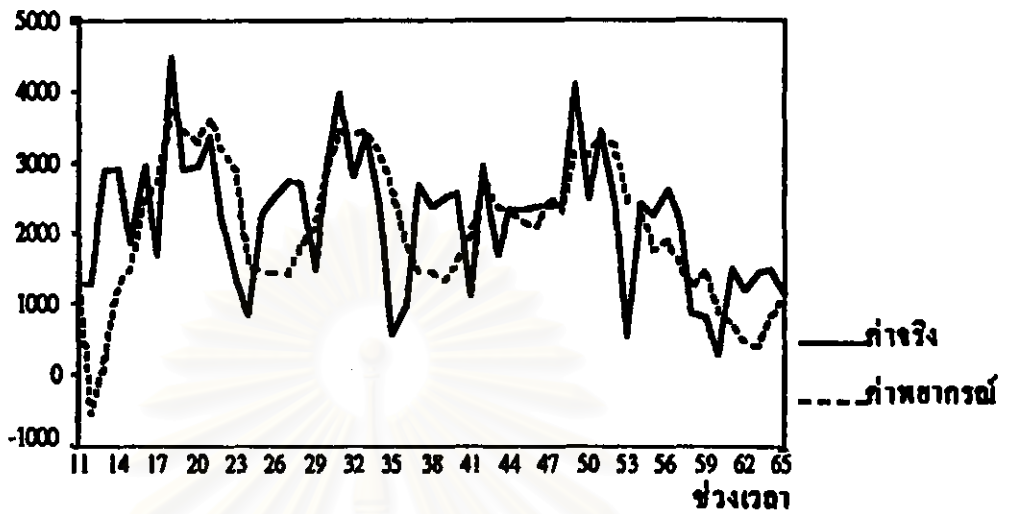
ภาพ 37 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการซื้อวิทยานิพนธ์ กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



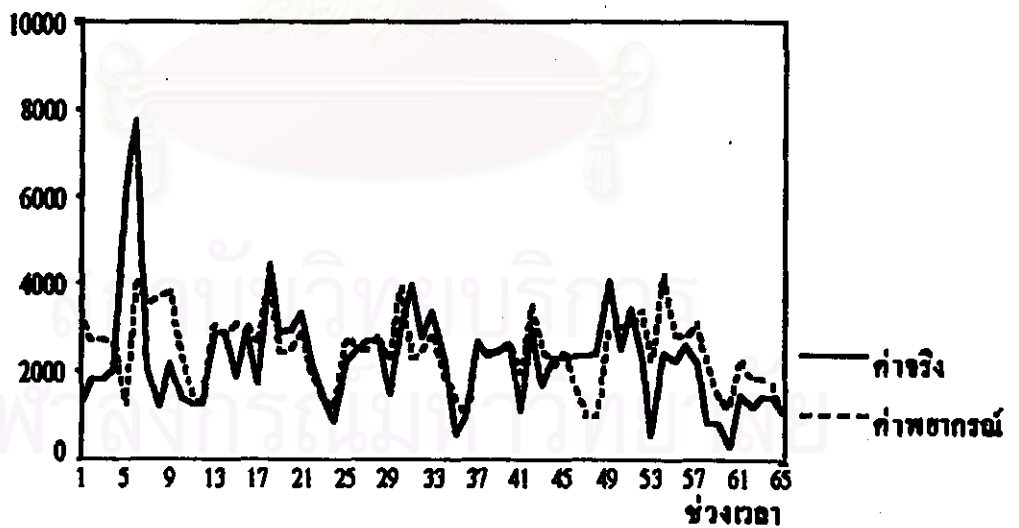
ภาพ 38 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการซื้อวิทยานิพนธ์ กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



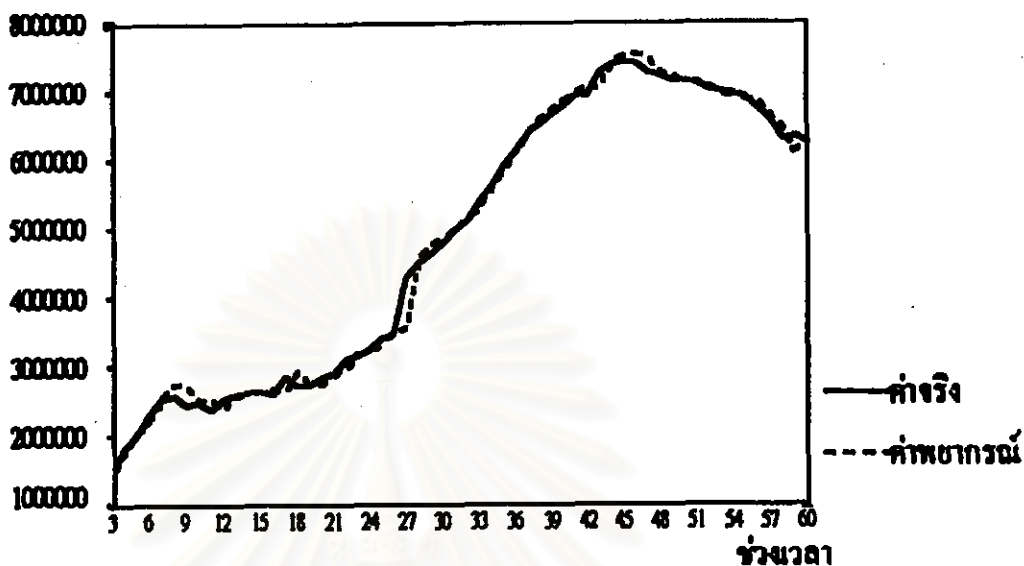
ภาพ 39 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการเขียนวิทยานิพนธ์ กับค่าพยากรณ์ด้วยการเฉลี่ยเคลื่อนที่

จำนวนหนังสือ (เล่ม)



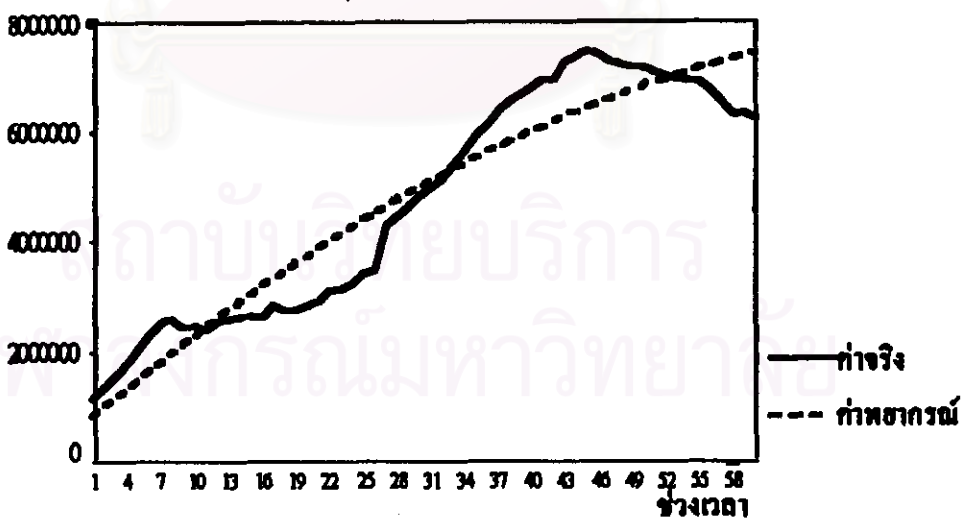
ภาพ 40 การเปรียบเทียบค่าจริงของปริมาณการเขียนวิทยานิพนธ์ กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

จำนวนนักเรียน (คน)



ภาพ 41 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี บ็อกซ์และเงินกิมส์

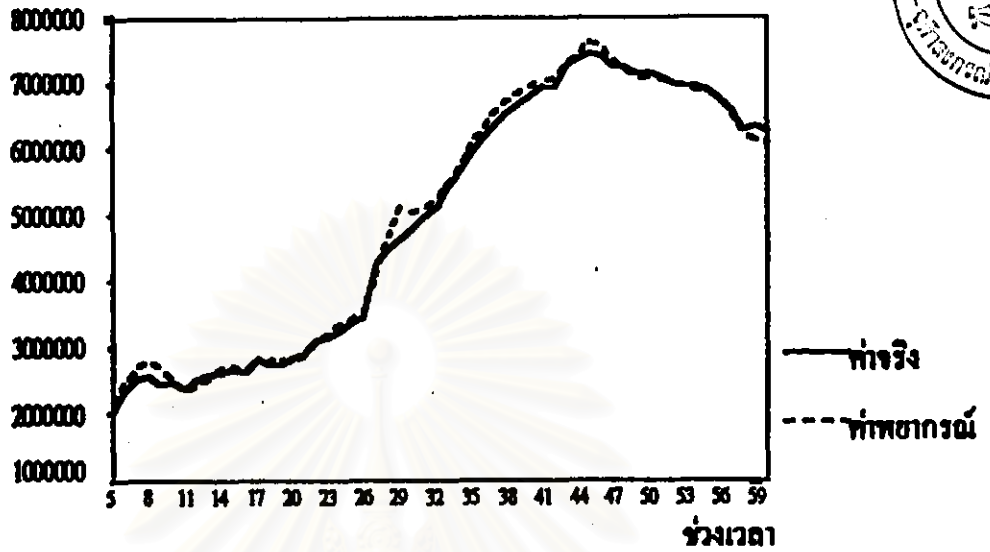
จำนวนนักเรียน (คน)



ภาพ 42 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี การวิเคราะห์การถดถอย

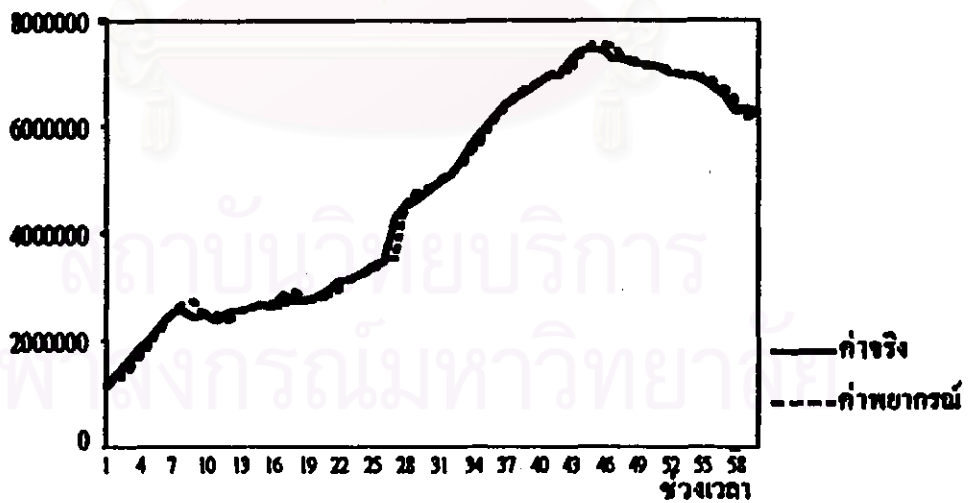


จำนวนนักเรียน (คน)



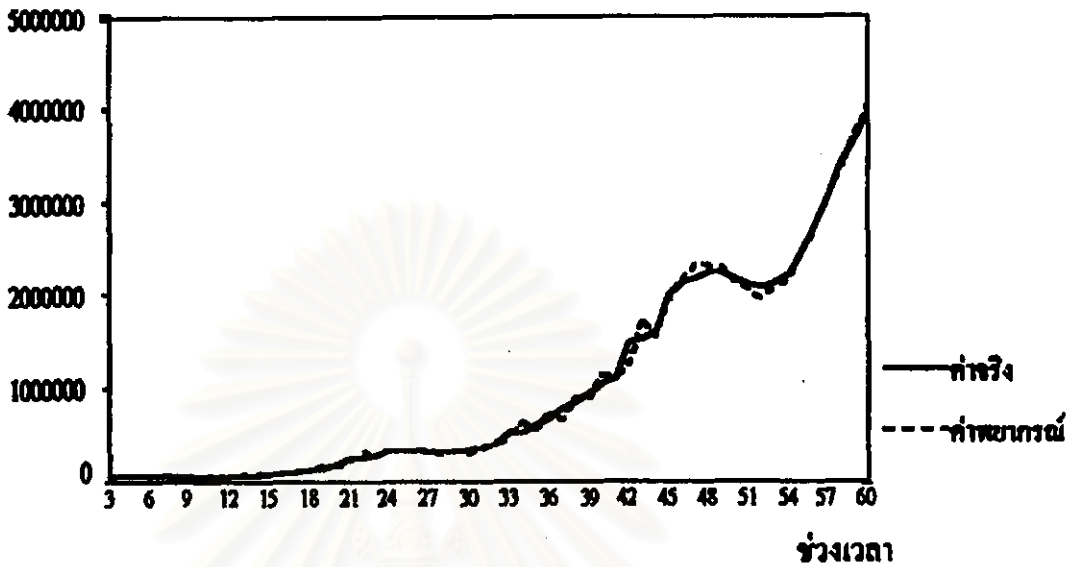
ภาพ 43 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการเคลื่อนที่

จำนวนนักเรียน (คน)



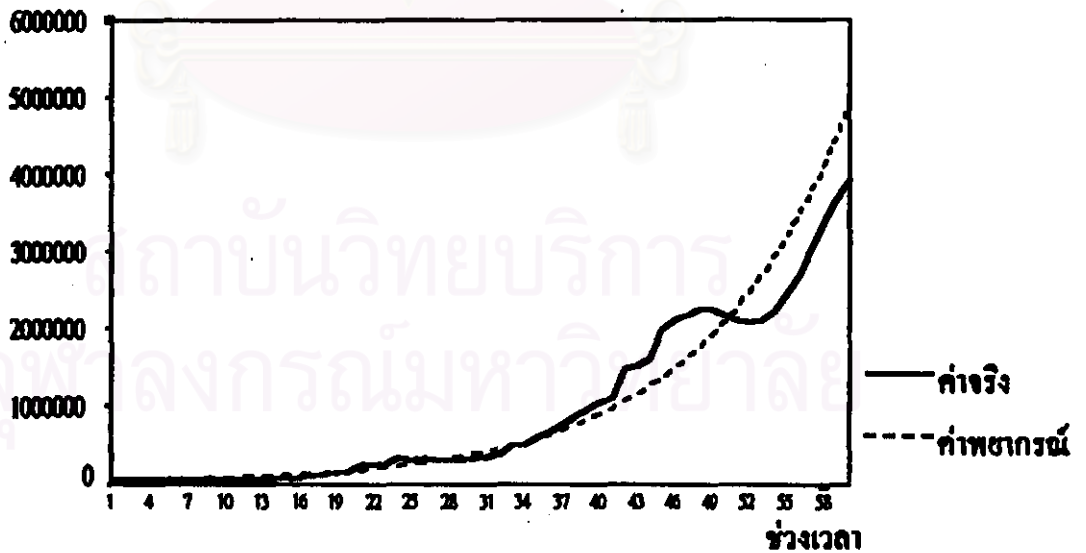
ภาพ 44 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

จำนวนนักเรียน (คน)



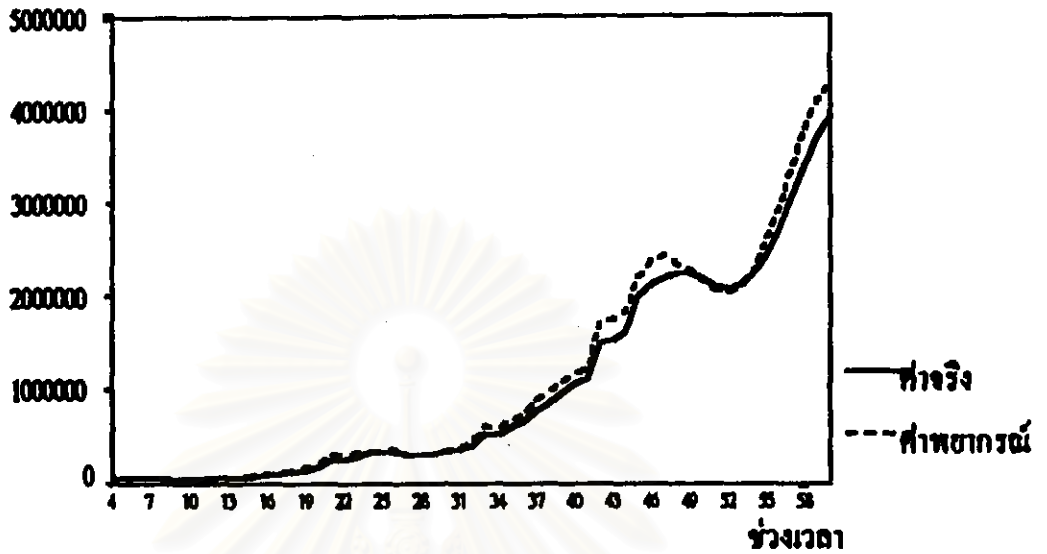
ภาพ 45 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี บ็อกซ์และเงินกิ้นส์

จำนวนนักเรียน (คน)



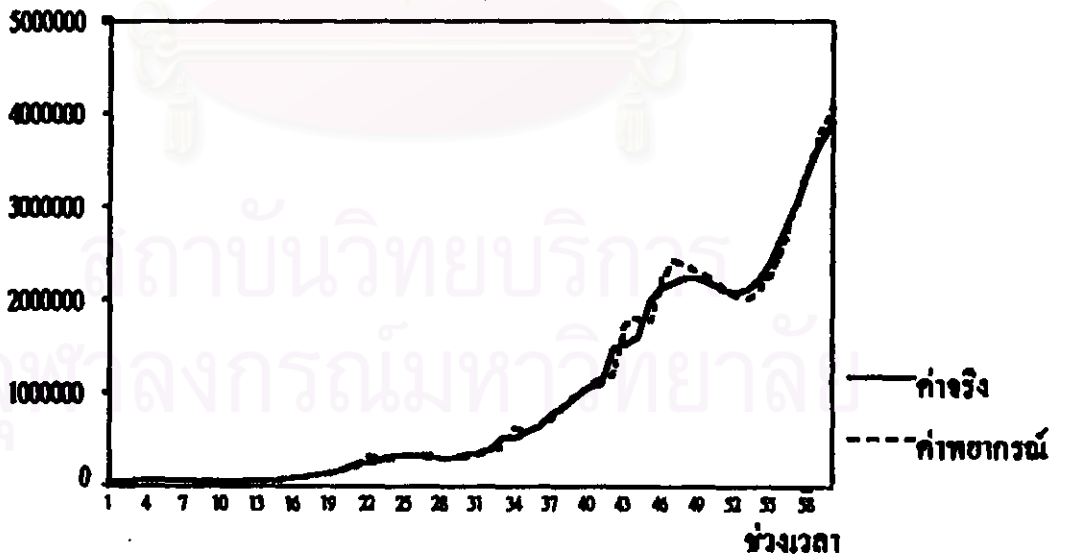
ภาพ 46 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธี การวิเคราะห์การถดถอย

จำนวนนักเรียน (คน)



ภาพ 47 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการเคลื่อนที่

จำนวนนักเรียน (คน)



ภาพ 48 การเปรียบเทียบค่าจริงของจำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา กับค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

จากกราฟการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อันได้แก่ ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป หนังสือสารรอง และวิทยานิพนธ์ พบว่า ค่าการพยากรณ์มีลักษณะการเคลื่อนไหวใกล้เคียงกับค่าจริง และค่าการพยากรณ์ของแต่ละวิธี มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด รองลงมาเป็นค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ และการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ตามลำดับ

การเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล อันได้แก่ จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาและระดับมัธยมศึกษา พบว่า ค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ และการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล มีลักษณะการเคลื่อนไหวใกล้เคียงกับค่าจริงมาก ส่วนค่าการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย มีค่าพยากรณ์แตกต่างจากค่าจริงมากกว่าวิธีอื่น ๆ

อย่างไรก็ตาม การสรุปในตอนนี้ เป็นการสรุปจากการสังเกตลักษณะการเคลื่อนไหวของค่าจริงและค่าพยากรณ์ของผู้วิจัยเท่านั้น ในตอนต่อไปผู้วิจัยจึงวัดขนาดความคลาดเคลื่อนของผลการพยากรณ์ด้วยค่าวัดความคลาดเคลื่อน 6 แบบ

ตอนที่ 4.2 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีและไม่มี การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

ตอนที่ 4.2.1 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

4.2.1.1 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error หรือ RMSE) ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error หรือ MdAPE) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error หรือ MdRAE) และค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สัมพัทธ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute Error หรือ GMRAE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยการ

วิเคราะห์การถอดอมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แต่ผู้ใช้ ค่าร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่ให้ค่าร้อยละที่ดีกว่าสูงถึง 62.30 % แสดงว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และรองลงมาเป็นการพยากรณ์ด้วยวิธีวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) ดังรายละเอียดในตาราง 35

ตาราง 35 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือทั่วไป ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ (HWS)

ค่าวัดความคลาดเคลื่อน วิธีการพยากรณ์	RMSE	MdAPE	MAPE	GMRAE	MdRAE	Percent Better
1. B-J	1632.20	0.24	57.79	0.67	0.76	60.38
2. REG	1301.37	0.21	42.99	0.65	0.64	59.37
3. DMA	1355.95	0.31	77.60	0.89	0.64	62.30
4. HWS	1751.35	0.28	79.30	0.86	0.98	53.12

จากตาราง 35 เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาเป็นวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ และวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบไฮลท์-วินเทอร์ ตามลำดับ และถ้าพิจารณาจากค่า RMSE พบว่า วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์

4.2.1.2 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรอง เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error หรือ RMSE) ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error หรือ MdAPE) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สัมพัทธ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute Error หรือ GMRAE)

ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error หรือ MdRAE) และค่าร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แต่ค่าใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ดังรายละเอียดในตาราง 36

ตาราง 36 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์หนังสือสำรอง ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS)

ค่าวัดความคลาดเคลื่อน วิธีการพยากรณ์	RMSE	MdAPE	MAPE	GMRAE	MdRAE	Percent Better
1. B-J	81.11	0.48	97.53	1.12	0.93	57.69
2. REG	64.04	0.35	68.71	0.72	0.59	64.06
3. DMA	64.91	0.42	66.20	0.92	2.44	54.10
4. HWS	68.90	0.38	113.50	0.99	0.96	53.13

จากตาราง 36 เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาเป็นวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง วิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ ตามลำดับ และถ้าพิจารณาจากค่า RMSE พบว่า วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง มีขนาดความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกับวิธีการวิเคราะห์การถดถอย

4.2.1.3 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการพิมพ์วิทยานิพนธ์ เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error หรือ RMSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เมื่อใช้ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error หรือ MdAPE) ค่า

เฉลี่ยของค่าสมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) ค่ามัธยฐานของค่าสมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error หรือ MdRAE) และค่าร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยการวิเคราะห์การถดถอยมีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์สัมพัทธ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute Error หรือ GMRAE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ดังรายละเอียดในตาราง 37

ตาราง 37 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ปริมาณการฉิมวิทยานิพนธ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (HWS)

ค่าวัดความคลาดเคลื่อน วิธีการพยากรณ์	RMSE	MdAPE	MAPE	GMRAE	MdRAE	Percent Better
1. B-J	1095.44	0.27	45.22	0.94	0.96	50.94
2. REG	988.29	0.22	32.61	0.95	0.86	53.13
3. DMA	922.23	0.35	51.13	1.24	1.02	49.09
4. HWS	1167.72	0.27	46.87	1.05	0.95	53.13

จากตาราง 37 เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาเป็นวิธีบ็อกซ์และเจนกินส์ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ และวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง ตามลำดับ และถ้าพิจารณาจากค่า RMSE พบว่า วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด

ตอนที่ 4.2.2 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากฤดูกาล

4.2.2.1 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root

Mean Squared Error หรือ RMSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) และ วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบสามครั้ง (TES) มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เมื่อใช้ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error หรือ MdAPE) ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Mean Absolute Percentage Error หรือ MAPE) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute Error หรือ GMRAE) และค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error หรือ MdRAE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แต่ผู้ใช้ ค่าร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้งให้ค่าร้อยละที่ดีกว่าสูงถึง 77.97 % แสดงว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และรองลงมาเป็นผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ ดังรายละเอียดในตาราง 38

ตาราง 38 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (DMA) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสามครั้ง (TES)

ค่าวัดความคลาดเคลื่อน วิธีการพยากรณ์	RMSE	MdAPE	MAPE	GMRAE	MdRAE	Percent Better
1. B-J	141421.43	0.01	2.31	0.49	0.51	75.86
2. REG	640312.44	0.12	14.29	4.07	4.19	13.56
3. DMA	310384.08	0.02	2.52	0.70	0.79	77.97
4. TES	141421.43	0.02	2.64	0.53	0.62	62.50

จากตาราง 38 เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาเป็นวิธีการปรับแบบให้เรียบสามครั้ง วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย ตามลำดับ

4.2.2.2 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา เมื่อใช้เกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Percentage Error หรือ MAPE) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์สัมพัทธ์ (Geometric Mean of the Relative Absolute Error หรือ GMRAE) และค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์สัมพัทธ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Relative Absolute Error หรือ MdRAE) และค่าร้อยละที่ดีกว่า (Percent Better) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินต์ มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แต่ถ้าใช้ค่ามัธยฐานของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อนวัดในรูปร้อยละ (Median Absolute Percentage Error หรือ MdAPE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยการปรับให้เวียมเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (EES) มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ดังรายละเอียดในตาราง 39

ตาราง 39 ผลการคำนวณขนาดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินต์ (B-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (REG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (MPC) และการปรับให้เวียมแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล (EES)

ค่าวัดความคลาดเคลื่อน วิธีการพยากรณ์	RMSE	MdAPE	MAPE	GMRAE	MdRAE	Percent Better
1. B-J	63245.55	0.07	6.12	0.93	0.67	58.62
2. REG	331662.54	0.21	20.39	3.11	2.57	16.95
3. MPC	137840.49	0.09	9.15	1.25	0.85	45.61
4. EES	85440.04	0.05	6.84	0.99	0.71	57.63

จากตาราง 39 เมื่อพิจารณาในภาพรวม พบว่า ผลการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจนกินต์ มีขนาดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รองลงมาเป็นวิธีการปรับให้เวียมเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และวิธีการวิเคราะห์การถดถอย ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนนี้ นอกจากการวัดขนาดความคลาดเคลื่อนแล้ว ผู้วิจัยยังวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน เพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ในแต่ละวิธี ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

1. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์ปริมาณการขึ้นหนังสือทั่วไปด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินก้นต์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮสต์-วินเทอร์ (ERRHWS) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินก้นต์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวก กับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล แบบโฮสต์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($r = 0.84$ และ 0.78 ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮสต์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($r = 0.72$) ดังรายละเอียดในตาราง 40

ตาราง 40 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการขึ้นหนังสือทั่วไป ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินก้นต์ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮสต์-วินเทอร์

ตัวแปร	ERRB-J	ERRREG	ERRDMA	ERRHWS
ERRB-J	1.00			
ERRREG	0.84**	1.00		
ERRDMA	0.22	0.18	1.00	
ERRHWS	0.78**	0.72**	-0.02	1.00

หมายเหตุ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์ปริมาณการขึ้นหนังสือสำรองด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินก้นต์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) การเฉลี่ย

เคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($r = 0.81$ และ 0.84 ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วย วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($r = 0.83$) ดังรายละเอียดในตาราง 41

ตาราง 41 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ปริมาณการขึ้นหนังสือสำรอง ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเคลื่อนที่สองครั้ง และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์

ตัวแปร	ERRB-J	ERRREG	ERRDMA	ERRHWS
ERRB-J	1.00			
ERRREG	0.81**	1.00		
ERRDMA	0.14	-0.03	1.00	
ERRHWS	0.84**	0.83**	-0.05	1.00

หมายเหตุ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์ปริมาณการขึ้นวิทยานิพนธ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) วิธีการเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮลท์-วินเทอร์ (ERRHWS) และวิธีการเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01, 0.01 และ 0.05 ตามลำดับ ($r = 0.55, 0.62$ และ 0.34 ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์

ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วย วิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮสต์-วินเทอร์ (ERRHWS) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($r = 0.94$) ดังรายละเอียดในตาราง 42

ตาราง 42 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์ ปริมาณการขีมิววิทยานิพนธ์ ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง และวิธีการปรับให้เรียบเอ็กซ์โปเนนเชียลแบบโฮสต์-วินเทอร์

ตัวแปร	ERRB-J	ERRREG	ERRDMA	ERRHWS
ERRB-J	1.00			
ERRREG	0.55**	1.00		
ERRDMA	0.34*	0.24	1.00	
ERRHWS	0.62**	0.94**	0.25	1.00

หมายเหตุ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษาด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสามครั้ง (ERRTES) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเจ็นกินส์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสามครั้ง (ERRTES) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($r = 0.46$ และ 0.98 ตามลำดับ) และค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง (ERRDMA) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสามครั้ง (ERRTES) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($r = 0.39$) และ มีความสัมพันธ์ทางลบกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($r = -0.40$) ดังรายละเอียดในตาราง 43

ตาราง 43 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับประถมศึกษา ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย การเฉลี่ยเคลื่อนที่สองครั้ง และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลสามครั้ง

ตัวแปร	ERRB-J	ERRREG	ERRDMA	ERRTES
ERRB-J	1.00			
ERRREG	-0.18	1.00		
ERRDMA	0.46**	-0.40**	1.00	
ERRTES	0.98**	-0.05	0.39**	1.00

หมายเหตุ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5. ความสัมพันธ์ของค่าความคลาดเคลื่อน จากการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ (ERRB-J) วิธีการวิเคราะห์การถดถอย (ERRREG) วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (ERRMPC) และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล (ERREES) พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ (ERRB-J) มีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล (ERREES) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ($r = 0.68$) ดังรายละเอียดในตาราง 44

ตาราง 44 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน ของความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการพยากรณ์จำนวนนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ด้วยวิธีบ็อกซ์และเงินกิ้นส์ วิธีการวิเคราะห์การถดถอย วิธีการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีแนวโน้มเอ็กซ์โปเนนเชียล

ตัวแปร	ERRB-J	ERRREG	ERRMPC	ERREES
ERRB-J	1.00			
ERRREG	-0.18	1.00		
ERRMPC	0.11	0.10	1.00	
ERREES	0.68**	-0.25	0.12	1.00

หมายเหตุ ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01