



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

ปริญญา

วิทยาการคอมพิวเตอร์

วิทยาการคอมพิวเตอร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิส โดยใช้วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

Forecasting Quality of Service of Web Service using the Box and Jenkins Method

นามผู้วิจัย นางสาวเมธาวรรณ ใจไว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( อาจารย์อุษา สัมมาพันธ์, Ph.D. )

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริกร จันทร์นวล, M.Sc. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิสโดยใช้วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

Forecasting Quality of Service of Web Service using the Box and Jenkins Method

โดย

นางสาวเมธาวรรณ ใจไว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

พ.ศ. 2554

เมธาวรรณ ใจไว 2554: การทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิสโดยใช้วิธี  
บอกซ์และเจนกินส์ ปรินญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) สาขา  
วิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:  
อาจารย์อุษา สัมมาพันธ์, Ph.D. 154 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอการทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิสด้วย  
วิธีบอกซ์และเจนกินส์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ใช้ได้ทราบถึงประสิทธิภาพการบริการ และสร้างความ  
เชื่อมั่นในการเลือกใช้บริการของเว็บเซอร์วิส อีกทั้งยังเป็นการรับประกันได้ว่า เว็บเซอร์วิสที่เลือก  
นั้นมีประสิทธิภาพการบริการทั้งในปัจจุบัน และอนาคตเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพการบริการ  
ของเว็บเซอร์วิสได้นำข้อมูลปริมาณงานและเวลาตอบสนองมาวิเคราะห์และทำนายโดยใช้วิธีการ  
ของบอกซ์และเจนกินส์ ซึ่งการตรวจสอบความแม่นยำของการทำนาย ด้วยวิธีของบอกซ์และเจน  
กินส์จะวัดจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และเปรียบเทียบความแม่นยำของการ  
ทำนายกับวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย และวิธีประมาณค่าเส้นโค้งที่  
เหมาะสมโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ผลที่ได้ คือวิธีของบอกซ์และเจนกินส์ ให้ความแม่นยำมาก  
ที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย และวิธีประมาณค่า  
เส้นโค้งที่เหมาะสมโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลายมือชื่อนิติสด

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Mathawan Jaiwai 2011: Forecasting Quality of Service of Web Service using the Box and Jenkins Method. Master of Science (Computer Science), Major Field: Computer Science, Department of Computer Science. Thesis Advisor: Miss Usa Sammapan, Ph.D. 154 pages.

This study presents the research on quality of service forecasting for web services using the Box and Jenkins method. The forecasting would benefit users who want to know quality of service of web services and build confidence when choosing web services based on the forecasting results, which would provide a guarantee that the chosen services have high quality of service at present and future time. As an experiment this research analyzed throughput and response time dataset and applied the Box and Jenkins method to do forecasting of web service. To evaluate the accuracy of the Box and Jenkins method mean absolute percentage error has been used. In addition, the experiment also compared Box and Jenkins method with single exponential smoothings and curve fitting by least square method. The experimental result showed that the Box and Jenkins method can accurately forecast quality of service of web services and yield lower values of mean absolute percentage error than the other two methods.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์อุษา สัมมาพันธ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้สั่งสอนให้คำแนะนำ วิธีการและขั้นตอนในการดำเนินงาน ซึ่งแนะแนวทางแก้ไขปัญหาและตรวจแก้ข้อบกพร่องต่างๆ ในงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ และน้องชาย ที่ได้ให้กำลังใจ ให้การสนับสนุน และความช่วยเหลืออย่างที่สุดมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรม สั่งสอนวิชาความรู้ต่างๆมาจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ทุนการศึกษา และภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนด้านอุปกรณ์ และสถานที่ตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณรุ่นพี่-น้อง ปริญญาโท และปริญญาเอก ที่ให้กำลังใจและให้แนะนำการเขียนวิทยานิพนธ์ รวมทั้งช่วยในการทบทวนความรู้ต่างๆ

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เมธาวรรณ ใจไว

มิถุนายน 2554

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	44
อุปกรณ์	44
วิธีการ	44
ผลและวิจารณ์	48
ผล	48
วิจารณ์	147
สรุปและข้อเสนอแนะ	150
สรุป	150
ข้อเสนอแนะ	150
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	151
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	154

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณ และตัวประมาณค่าของพารามิเตอร์	22
2 ตัวอย่างน้ำหนักที่กบให้กับค่าสังเกต	35
3 เว็บเซอร์วิสที่ใช้ทดลองจาก WS-DREAM	45
4 ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	48
5 ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	49
6 ความแปรปรวนของปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	49
7 ความแปรปรวนของปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง แต่ละเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	50
8 ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยใช้วิธีการของ บอชซ์และเจนกินส์	72
9 ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยใช้วิธีการของ บอชซ์และเจนกินส์	72
10 ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดที่ จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	84
11 ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดที่ จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	85
12 ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	85
13 ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	86
14 ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	91

### สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15	ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองโดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	91
16	ค่าเฉลี่ยของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	92
17	ค่าเฉลี่ยของเวลาตอบสนอง จากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	92
18	ความแปรปรวนของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	93
19	ความแปรปรวนของเวลาตอบสนอง จากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	93
20	ค่าเฉลี่ย ของเวลาตอบสนองจาก WS-DREAM dataset	94
21	ความแปรปรวน ของเวลาตอบสนองจาก WS-DREAM dataset	94
22	ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิธีการของบอกรีและเจนกินส์ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	116
23	ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิธีการของบอกรีและเจนกินส์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	117
24	ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองโดยการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	124
25	ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนอง โดยการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสม	124
26	ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	125
27	ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	125

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
28	ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของข้อมูลเวลาตอบสนอง จากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	131
29	ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของข้อมูลเวลาตอบสนอง จากเว็บเซอร์วิสจำลองที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	131
30	ความแม่นยำของการทำนาย เวลาตอบสนองของ WS-DREAM dataset ด้วยวิธีการของบอกรีและเจนกินส์	139
31	ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของ WS-DREAM dataset ด้วยการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	143
32	ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิส WS-DREAM	143
33	ความแม่นยำของการทำนาย ข้อมูลเวลาตอบสนองของ WS-DREAM dataset ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	146

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะความสัมพันธ์และองค์ประกอบของเว็บเซอร์วิส	4
2 ขั้นตอนการเรียกใช้งานเว็บเซอร์วิส	6
3 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ AR(1)	13
4 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ AR(2)	13
5 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ AR(2) (ต่อ)	14
6 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ MA(1)	14
7 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ MA(1) (ต่อ)	15
8 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ MA(2)	15
9 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ MA(2) (ต่อ)	16
10 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ ARMA(1,1)	16
11 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ ARMA(1,1) (ต่อ)	17
12 คอเรลโรแกรม $\rho_k, \rho_{kk}$ สำหรับตัวแบบ ARMA(1,1) (ต่อ)	18
13 การถอดอยเชิงเส้นจากฟังก์ชันเส้นตรง	29
14 การถอดอยจากฟังก์ชันแบบพหุนาม	31
15 การรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทดลอง	46
16 วิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์	47
17 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	50
18 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	51
19 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	52
20 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	52
21 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	53

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
22	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	54
23	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	54
24	ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อด้วยวิธีของบอกรีและเจนกินส์	55
25	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	56
26	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	56
27	ผลการทำนายปริมาณงานเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่ 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีของบอกรีและเจนกินส์	57
28	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	58
29	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	58
30	ผลการทำนายปริมาณงานเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อด้วยวิธีของบอกรีและเจนกินส์	59
31	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	60
32	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	60
33	ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อด้วยวิธีของบอกรีและเจนกินส์	61

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
34	เรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	62
35	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	62
36	ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์	63
37	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของ เว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	64
38	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จาก ข้อมูลปริมาณงานของ เว็บเซอร์วิสการจอง โรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	64
39	ผลการทำนายปริมาณงาน ของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5	65
40	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	66
41	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	66
42	ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการ ตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีของบอชซ์และเจนกินส์	67
43	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	68
44	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	68
45	ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีของบอชซ์และเจนกินส์	69
46	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	70

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
47 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของ เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	70
48 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีของบอกรีและเจนกินส์	71
49 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	73
50 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	73
51 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	74
52 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	74
53 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมแบบออนไลน์	75
54 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	75
55 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมแบบออนไลน์	76
56 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	76
57 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	77

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
58 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	78
59 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	78
60 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่ 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	79
61 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	80
62 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	80
63 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	81
64 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	81
65 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	82

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
66 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	83
67 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	83
68 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	84
69 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	86
70 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	87
71 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	87
72 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	88
73 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	88
74 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	89
75 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	89
76 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	90

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
77 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	90
78 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	91
79 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	95
80 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	95
81 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิส WS-DREAM	96
82 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการขายสินค้า ออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	97
83 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการขายสินค้า ออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	97
84 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ ของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	98
85 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการจอง โรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	99
86 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จาก ข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส การจอง โรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	99
87 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ ของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	100
88 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการตรวจ สอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	101
89 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจ สอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	101

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
90 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอชซ์และ เงินกินส์ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	102
91 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการตรวจ สอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	103
92 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส การตรวจ สอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	103
93 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอชซ์และ เงินกินส์ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	104
94 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจ สอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	105
95 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจ สอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	105
96 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอชซ์และเงินกินส์ ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	106
97 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้า ออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	107
98 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บการขายสินค้า ออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	107
99 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอชซ์และเงินกินส์ ของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	108

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
100	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจอง โรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	109
101	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บการจองโรงแรม ออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	109
102	ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอชซ์และเงินกินส์ของ เว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	110
103	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบ รายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	111
104	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บการตรวจสอบ รายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	111
105	ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอชซ์และเงินกินส์ของ เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	112
106	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบ อัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	113
107	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บการตรวจสอบอัตรา แลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	113
108	ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอชซ์และเงินกินส์ ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	114
109	คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบ สภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	115
110	คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บการตรวจสอบสภาพ สภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	115

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
111 ผลการทำนายเวลาตอบสนอง ด้วยวิธีการของบอกรีและเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิส การตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	116
112 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	117
113 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	118
114 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	119
115 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	119
116 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	120
117 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	121
118 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด	121

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
119 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	122
120 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	123
121 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วง พหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	123
122 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	126
123 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	126
124 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	127
125 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่ 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	127
126 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	128
127 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	128
128 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	129

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
129 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงิน ออนไลน์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	129
130 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบ ออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	130
131 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบ ออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	130
132 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1	132
133 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1	132
134 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1 ด้วยวิธีการบอกซ์และเจนกินส์	133
135 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID2	133
136 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID2	134
137 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID2 ด้วยวิธีการบอกซ์และเจนกินส์	134
138 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1527	135
139 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1527	135
140 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID1527 ด้วยวิธีการบอกซ์	136
141 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1580	136
142 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1580	137
143 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID1580 ด้วยวิธีการบอกซ์	137
144 คอเรลโรแกรมของ $r_k$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID18583	138
145 คอเรลโรแกรมของ $r_{kk}$ ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID18583	138
146 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID18583 ด้วยวิธีการบอกซ์ และเจนกินส์	139
147 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1 การประมาณค่าเส้นโค้งที่ เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	140

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
148 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID2 การประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	141
149 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1527 การประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	141
150 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1580 การประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	142
151 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID18583 การประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด	142
152 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID1 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	144
153 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID2 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	144
154 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1527 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	145
155 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1580 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	145
156 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID18583 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย	146
157 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายปริมาณงาน ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	147
158 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายปริมาณงาน ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	148
159 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ	148
160 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ	148
161 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของ WS-DREAM	149

## การทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิสโดยใช้วิธีบ็อกซ์และเจนกินส์

### Forecasting Quality of Services of Web Service using the Box and Jenkins

#### Method

##### คำนำ

ในปัจจุบันเป็นยุคที่มีการแข่งขันทางด้านธุรกิจสูง และการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศก็เป็นไปอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้รวมถึงเทคโนโลยีทางด้านเว็บเซอร์วิสด้วย ภาคธุรกิจจึงได้เล็งเห็นถึง การนำเว็บเซอร์วิสมาช่วยในการดำเนินงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในภาคธุรกิจ โดยเฉพาะในด้านการให้บริการข้อมูลซึ่งเว็บเซอร์วิสเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่เอื้ออำนวยต่อการนำมาช่วยในการให้บริการข้อมูล เนื่องจากเว็บเซอร์วิส คุณสมบัติรองรับการติดต่อสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่าย ถึงแม้ว่าจะอยู่ในแพลตฟอร์มที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้มีการแข่งขันกันในการสร้างเว็บเซอร์วิส เพื่อให้บริการแก่ผู้ใช้งานมากขึ้น ประกอบกับผู้ใช้งานก็จะเลือกเว็บเซอร์วิสที่ตรงกับความต้องการมากที่สุด ทั้งที่มีความครบถ้วนของฟังก์ชันที่ให้บริการและคุณภาพการให้บริการ เพื่อเป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นในการตัดสินใจที่จะใช้บริการเว็บเซอร์วิส

ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ที่ต้องการทราบถึงประสิทธิภาพการบริการและเพื่อสร้างความเชื่อมั่นในการเลือกใช้บริการของเว็บเซอร์วิส อีกทั้งยังเป็นการรับประกันได้ว่า เว็บเซอร์วิสที่เลือกนั้นมีประสิทธิภาพการบริการทั้งในปัจจุบัน และอนาคต งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการทำนายคุณภาพการบริการของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box and Jenkins) สาเหตุที่เลือกการทำนายด้วยวิธีนี้ก็เพราะว่าวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์เป็นการทำนายที่มีความแม่นยำสูง และใช้ได้กับอนุกรมเวลาที่มีความเคลื่อนไหวทุกประเภท ถึงแม้ว่าจะมีการคำนวณที่ค่อนข้างซับซ้อน ซึ่งการตรวจสอบความแม่นยำของการทำนาย ด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์จะวัดจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายกับวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย และวิธีประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมโดยวิธีกำลังสองน้อย

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิสโดยใช้วิธีบอกรีตและเจเนติกส์
2. เปรียบเทียบการทำนายโดยใช้วิธีบอกรีตและเจเนติกส์กับวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย และวิธีประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถใช้ผลการทำนายโดยใช้วิธีบอกรีตและเจเนติกส์ เพื่อเลือกเว็บเซอร์วิสที่มีฟังก์ชันการบริการที่คล้ายกันได้ โดยเลือกเว็บเซอร์วิสที่มีคุณภาพการให้บริการที่ดีที่สุด

## ขอบเขตและข้อจำกัด

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลเวลาตอบสนอง (response time) ของเว็บเซอร์วิสที่ได้จาก WS-DREAM dataset (Distributed Reliability Assessment Mechanism for Web Services) และใช้ข้อมูลปริมาณงาน (throughput) และข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ที่ได้จำลองขึ้นโดยได้จำลองเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ (HotelOnline) การขายสินค้าออนไลน์ (SellingOnline) การตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ (WeatherOnline) การตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ (EHxchangeOnlineH) และการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ (BookOnline) โดยการจำลองจะให้คล้ายกับเว็บเซอร์วิสที่มีการใช้งานจริงให้มากที่สุด และพัฒนาโปรแกรมสำหรับจำลองการร้องขอใช้บริการเว็บเซอร์วิส ภายใต้เครือข่ายแบบ LAN (Local Area Network) ซึ่งได้กำหนดการร้องขอใช้บริการ ที่การเชื่อมต่อ 1 และ 5 การเชื่อมต่อ และสถานะแวดล้อมของการจำลอง การร้องขอใช้บริการและการให้บริการของเว็บเซอร์วิส จะเป็นแบบแม่ข่ายเดี่ยว (single server)

## การตรวจเอกสาร

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

#### 1. เว็บเซอร์วิส (Web Service)

เว็บเซอร์วิส คือ แอปพลิเคชันหรือซอฟต์แวร์ที่สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเครือข่ายในลักษณะ application to application สามารถติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลข้ามแพลตฟอร์ม (platform) นอกจากนี้ภาษาในการเขียนโปรแกรมที่แตกต่างกันก็สามารถติดต่อสื่อสารและแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ เว็บเซอร์วิสจะมีสถาปัตยกรรมและมาตรฐานตามที่ W3C (World Wide Web Consortium) ได้กำหนดเอาไว้ ซึ่งสามารถแบ่งองค์ประกอบได้เป็น 3 ส่วน ดังนี้ (Deitel, 2002)

1. ผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิส (web service provider) มีหน้าที่สร้างเว็บเซอร์วิส เพื่อให้บริการและคอยตอบสนองการบริการที่ถูกร้องขอ นอกจากนี้จะต้องสร้างคู่มือหรือรายละเอียดของการให้บริการและการเข้าใช้บริการ ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ WSDL ซึ่งเป็นรูปแบบภาษาที่เรียกว่าภาษาบรรยายเว็บเซอร์วิส (Web Service Description Language: WSDL) แล้วนำรายละเอียดนั้นไปลงทะเบียนหรือประกาศไว้ในแหล่งรวบรวมข้อมูลการให้บริการเว็บเซอร์วิส ซึ่งในสถาปัตยกรรมแบบไคลเอ็นต์เซิร์ฟเวอร์ (client-server) ผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิส เปรียบได้กับการทำงานในฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (server)

2. ผู้ร้องขอใช้บริการเว็บเซอร์วิส (web service requestor) มีหน้าที่ในการค้นหาบริการที่ตนเองต้องการใช้ ในแหล่งรวบรวมข้อมูลการให้บริการเว็บเซอร์วิสและร้องขอเข้าไปใช้บริการกับผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิส โดยจะต้องทำการตรวจสอบรายละเอียดของการให้บริการ เพื่อให้ทราบวิธีการติดต่อเข้าไป เรียกใช้บริการของเว็บเซอร์วิส ซึ่งในสถาปัตยกรรมแบบไคลเอ็นต์เซิร์ฟเวอร์ (client-server) ผู้ร้องขอใช้บริการเว็บเซอร์วิส เปรียบได้กับการทำงานในฝั่งของไคลเอ็นต์ (client)

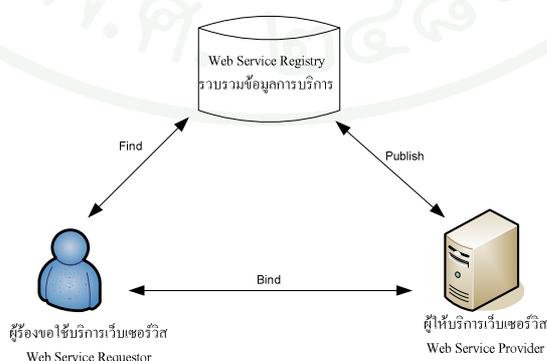
3. แหล่งรวบรวมข้อมูลการให้บริการเว็บเซอร์วิส (web service registry) มีหน้าที่ในการเก็บข้อมูลการให้บริการ ที่มีผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิสมาลงทะเบียนไว้ และเผยแพร่ข้อมูลการให้บริการ เพื่อให้ผู้ที่ต้องการใช้บริการเข้ามา ค้นหาข้อมูลบริการของเว็บเซอร์วิสต่างๆ (นันทน์ และ สุรสิทธิ์ , 2546)

1.1 ลักษณะความสัมพันธ์ขององค์ประกอบของเว็บเซอร์วิสระหว่าง ผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิส ผู้ร้องขอใช้บริการเว็บเซอร์วิส และแหล่งรวบรวมข้อมูลการให้บริการเว็บเซอร์วิส มี 3 ลักษณะคือ

1. การเผยแพร่บริการ (publish) คือความสัมพันธ์ระหว่างผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิส กับแหล่งรวบรวมข้อมูลการให้บริการเว็บเซอร์วิส ซึ่งจะอยู่ในขั้นตอนของการลงทะเบียน และประกาศการบริการของเว็บเซอร์วิสต่างๆ ที่ได้มาลงทะเบียนไว้

2. การค้นหาบริการ (find) คือความสัมพันธ์ระหว่างผู้ร้องขอใช้บริการเว็บเซอร์วิส กับแหล่งรวบรวมข้อมูลการให้บริการเว็บเซอร์วิส ในการค้นหาบริการต่างๆ ซึ่งการค้นหาอาจระบุเงื่อนไข เช่น ประเภทของบริการ คุณภาพของการบริการ และผลของการค้นหาจะเป็นรายละเอียดของการให้บริการและการเข้าใช้บริการของเว็บเซอร์วิส

3. การผูกเข้าใช้บริการ (bind) คือความสัมพันธ์ระหว่างผู้ร้องขอใช้บริการเว็บเซอร์วิสกับผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิส เมื่อผู้ร้องขอใช้บริการทำการร้องขอใช้บริการ ก็จะติดต่อเข้าใช้บริการตามเทคนิคที่ได้อธิบายไว้ในรายละเอียดของการขอใช้บริการ



ภาพที่ 1 ลักษณะความสัมพันธ์และองค์ประกอบของเว็บเซอร์วิส

1.2 ขั้นตอนการเรียกใช้งานเว็บเซอร์วิส เป็นขั้นตอนการทำงานที่สอดคล้องกันตาม ลักษณะความสัมพันธ์และองค์ประกอบของเว็บเซอร์วิส ซึ่งการเรียกใช้งานเว็บเซอร์วิสมี 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1. ผู้ให้บริการเว็บเซอร์วิส สร้างฟังก์ชันที่จะให้บริการของเว็บเซอร์วิส และสร้างรายละเอียดของการให้บริการและเข้าใช้บริการของเว็บเซอร์วิส

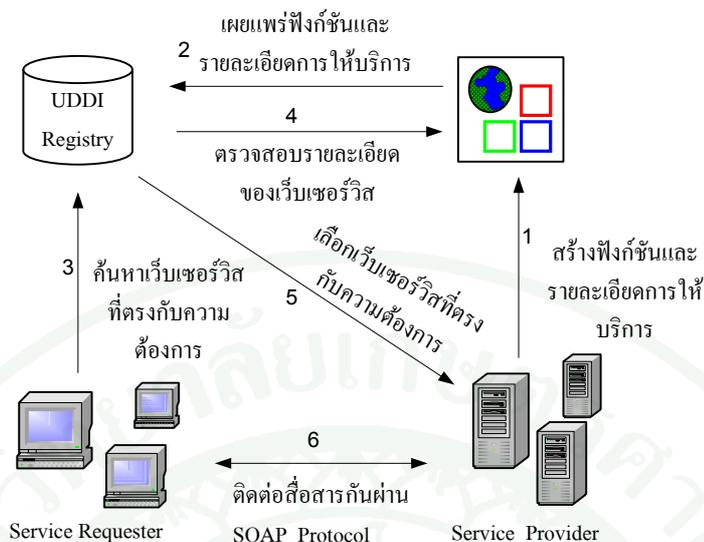
ขั้นตอนที่ 2. เผยแพร่ฟังก์ชันที่จะให้บริการของเว็บเซอร์วิสและรายละเอียดของการให้บริการและการเข้าใช้บริการของเว็บเซอร์วิสลงในแหล่งรวบรวมข้อมูลการให้บริการเว็บ เซอร์วิส

ขั้นตอนที่ 3. ผู้ขอใช้บริการค้นหาเว็บเซอร์วิสที่ต้องการ แต่ถ้าหากผู้ขอใช้บริการ ทราบอยู่แล้วว่าเว็บเซอร์วิสที่ต้องการใช้บริการนั้นอยู่ที่ใด ก็ไม่จำเป็นต้องค้นหาผ่านทาง แหล่ง รวบรวมข้อมูลการให้บริการเว็บเซอร์วิส

ขั้นตอนที่ 4. ผู้ขอใช้บริการได้เว็บเซอร์วิสที่ตรงกับความต้องการ

ขั้นตอนที่ 5. ผู้ขอใช้บริการตรวจสอบรายละเอียด ในขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบถึง ฟังก์ชันที่จะให้บริการของเว็บเซอร์วิสและอธิบายรายละเอียดของการติดต่อเข้าใช้บริการ

ขั้นตอนที่ 6. เว็บเซอร์วิสที่ให้บริการและผู้ขอใช้บริการจะส่งข้อมูลและ ติดต่อกัน โดยส่งข้อความ (message) ในรูปแบบของภาษาเอกซ์เอ็มแอล (Extensible Markup Language: XML) ผ่านทางโปรโตคอล SOAP (Simple Object Access Protocol) โดยที่ผู้ให้บริการ จะส่งข้อมูลร้องขอ (SOAP request) ไปยังผู้ให้บริการ หลังจากนั้น ผู้ให้บริการจะส่ง ผลลัพธ์ (SOAP response) กลับไปยังผู้ขอใช้บริการ



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการเรียกใช้งานเว็บเซอร์วิส

## 2. คุณภาพการให้บริการ (Quality of Services : QoS)

คุณภาพการให้บริการ คือลักษณะของการบริการ ที่สามารถตอบสนองความต้องการ และสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ให้บริการนั้นๆ ในเว็บเซอร์วิสการบริการที่มีคุณภาพสามารถดูได้จากตัวชี้วัด 5 ตัวชี้วัด ดังนี้

1. ความพร้อมในการบริการ (availability) พิจารณาที่อัตราส่วนของสภาพพร้อมให้บริการ (up time) เปรียบเทียบกับอัตราส่วนของสภาพที่ไม่พร้อมให้บริการ (down time)

2. ประสิทธิภาพ (performance) พิจารณาได้จากปริมาณงาน (throughput) และ เวลาตอบสนอง (response time) ของเว็บเซอร์วิส ซึ่งเวลาตอบสนองเป็นช่วงเวลาที่ผู้ขอใช้บริการส่งคำร้องขอ จนกระทั่งถึงเวลาที่ได้รับการตอบสนองผลลัพธ์ของการร้องขอกลับมา ส่วนปริมาณงานจะเป็นปริมาณงานที่ทำได้ในเวลาหนึ่งๆ หรือเป็นจำนวนของการบริการต่อหน่วยเวลาที่คำร้องขอได้รับการบริการจากเว็บเซอร์วิส

3. การรองรับการเข้าถึง (accessibility) พิจารณาการเรียกใช้บริการของเว็บเซอร์วิส ความสามารถในการเข้าถึงและการใช้ประโยชน์จากเซอร์วิสนั้นๆ

4. ความน่าเชื่อถือ (reliability) พิจารณาจากความล้มเหลวของบริการ ต่อวัน ต่อเดือน หรือ ต่อปี นอกจากนี้อาจเกี่ยวกับ ความเชื่อมั่น ในความถูกต้องของข้อมูลที่ส่งและข้อมูลที่ได้รับ

5. ความปลอดภัย (security) คือการเข้ารหัสและการควบคุมการเข้าถึงของผู้ใช้บริการ ระดับของการรักษาความปลอดภัยของการให้บริการ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับของผู้ขอใช้

### 3. อนุกรมเวลา

อนุกรมเวลา หมายถึง กลุ่มของค่าสังเกตที่เก็บรวบรวม ตามเวลา อย่างต่อเนื่อง เช่น วัน เดือน ปี ครึ่งปี ไตรมาส ค่าสังเกตแต่ละค่ามักเก็บรวบรวม ในช่วงเวลาที่เท่ากัน ซึ่งในการวิเคราะห์ ข้อมูลอนุกรมเวลาจะแยกองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นอนุกรมเวลา โดยข้อมูลอนุกรมเวลาจะมีการเปลี่ยนแปลงหรือแปรผันไปตามอิทธิพลต่าง ๆ ซึ่งองค์ประกอบของการแปรผันของ อนุกรมเวลา 4 ส่วน ดังนี้

1. แนวโน้ม (secular trend : T) หมายถึง ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลอนุกรมเวลา ที่ต่อเนื่องกันในระยะเวลาที่ยาวนาน โดยแสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลในทิศทางที่แน่นอน แนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลาจะทำให้ทราบถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน
2. การแปรผันตามฤดูกาล (seasonal variation : S) หมายถึง การเคลื่อนไหวหรือการเปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆ ของข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดซ้ำๆ กันภายในช่วงเวลาเดียวกันของรอบเวลาหนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่รอบเวลาคือ 1 ปี
3. การแปรผันตามวัฏจักร (cyclical variation : C) หมายถึง การเคลื่อนไหวหรือเปลี่ยนแปลงขึ้นๆลงๆ ซ้ำๆ กันของข้อมูลอนุกรมเวลาในช่วงเวลามากกว่า 1 ปี และไม่ทราบแน่ชัดว่าช่วงการเกิดวัฏจักรหนึ่งๆ จะเป็นเวลาเท่าใด การแปรผันตามวัฏจักรจะประกอบด้วยช่วงต่างๆ ของวัฏจักร
4. การแปรผันแบบผิดปกติ (irregular variation : I) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดจากปัจจัยที่ไม่สามารถคาดคะเนได้ล่วงหน้า เป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เป็นระบบ

#### 4. การทำนาย

การทำนาย หรือการพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนหรือทำนายลักษณะเหตุการณ์หรือสภาพการณ์ในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลของลักษณะเหตุการณ์หรือสภาพการณ์ในอดีตที่มีการเก็บรวบรวมอย่างเป็นระบบ การทำนายจะช่วยให้การวางแผนงาน หรือประกอบการตัดสินใจในการวางแผนงานซึ่งการทำนายแบ่งเป็น 2 แบบ คือ การทำนายเชิงคุณภาพ เป็นการทำนายที่ผู้ทำนายใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ หรือวิจารณญาณในเรื่องที่จะทำนายหรือเรื่องที่เกี่ยวข้องเป็นหลักในการทำนายและ การทำนายเชิงปริมาณ เป็นการทำนายที่ผู้ทำนายใช้ข้อมูลในอดีตที่มีการเก็บรวบรวมอย่างเป็นระบบ และต่อเนื่องเป็นหลักในการทำนาย

##### 4.1 การทำนายอนุกรมเวลาแบบบอซเจนกินส์

การทำนายอนุกรมเวลาแบบบอซเจนและกินส์เป็นการทำนายเชิงปริมาณ ได้ถูกเสนอครั้งแรกในหนังสือชื่อ Time Series Analysis : Forecasting and Control ในปี 1970 โดย George E.P Box และ Gwilym M. Jenkins เป็นการทำนายที่มีการคำนวณค่อนข้างซับซ้อน แต่ให้ความแม่นยำค่อนข้างสูงในการทำนายระยะสั้น การทำนายแบบบอซเจนกินส์เป็นการนำวิธีการถดถอยในตัวเอง (autoregressive) มาใช้ร่วมกับวิธีการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (moving average) ซึ่งตัวแบบที่กำหนดให้กับอนุกรมเวลาจะมี 2 กลุ่มคือ กลุ่มของตัวแบบ ARMA ( $p, q$ ) (autoregressive and moving average of order  $p$  and  $q$  model) และกลุ่มของตัวแบบ ARIMA ( $p, d, q$ ) (autoregressive integrated moving average of order  $p, d$  and  $q$  model)

ในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวแบบในกลุ่มของตัวแบบ ARMA ( $p, q$ ) (autoregressive and moving average of order  $p$  and  $q$  model) ใช้กับอนุกรมเวลาที่มีลักษณะเป็นแบบเสถียร (stationary time series) ซึ่งจะมีค่าสังเกตที่มีคุณสมบัติทางสถิติที่คงที่ คือ ค่าเฉลี่ยคงที่ ค่าความแปรปรวนคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง (coefficient autocorrelation) ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาห่าง ( $k$ ) อย่างเดียวไม่ขึ้นอยู่กับเวลา ( $t$ ) พารามิเตอร์ที่ไม่รวมค่าคงที่เท่ากับ  $p + q$  และตัวแบบการทำนายที่เหมาะสมควรมีจำนวนพารามิเตอร์น้อยที่สุดและสามารถอธิบายการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาได้ ตัวแบบ ARMA ( $p, q$ ) ที่มี  $p$  เป็นอันดับของ AR (autoregressive) และ  $q$  เป็นอันดับของ MA (moving average) ซึ่งการทำนายในกลุ่มของตัวแบบ ARMA ( $p, q$ ) จะมีขั้นตอนในการทำนาย 4 ขั้นตอน โดยที่ขั้นตอนที่ 1 คือการวิเคราะห์ความเป็นเสถียรของข้อมูลอนุกรมเวลา ขั้นตอน

2 คือกำหนดตัวแบบ ARMA  $(p, q)$  ให้กับอนุกรมเวลา ขึ้นตอนที่ 3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ และขึ้นตอนที่ 4 คือการทำนายโดยใช้ตัวแบบที่ได้กำหนดให้กับอนุกรมเวลา ซึ่งรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนจะอธิบายในหัวข้อที่ 4.1.2-4.1.5 สำหรับหัวข้อที่ 4.1.1 จะเป็นการอธิบายตัวแบบในกลุ่ม ARMA  $(p, q)$

4.1.1 ตัวแบบ ARMA  $(p, q)$  มีตัวแบบย่อยแบ่งเป็น 3 ตัวแบบดังนี้

ก. ตัวแบบถดถอยในตัวเองอันดับ  $p$  (autoregressive model of order  $p$  : AR( $p, q$ )) เป็นตัวแบบที่กำหนดว่าค่าสังเกต ( $Y_t$ ) ขึ้นอยู่กับค่าสังเกตก่อนหน้าเป็นเวลา  $(t-1, \dots, t-q)$  โดยที่รูปแบบทั่วไปของตัวแบบถดถอยในตัวเองอันดับ  $p$  มีรูปแบบสมการดังสมการที่ 1

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

ตัวแบบถดถอยในตัวเองอันดับ  $p$  ที่นิยมใช้คือ ตัวแบบถดถอยในตัวเอง อันดับที่ 1 AR(1) และตัวแบบถดถอยในตัวเองอันดับที่ 2 AR(2) มีรูปแบบสมการ ดังสมการที่ 2 และ 3

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t \quad (3)$$

โดยที่  $Y_t$  คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา  $t$

$\delta$  คือ ค่าคงที่

$\phi_i$  คือ พารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองที่  $i$

$\varepsilon_t$  คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา  $t$

ข. ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ  $q$  (moving average model of order  $q$  : MA( $q$ )) เป็นตัวแบบที่กำหนดว่า ค่าสังเกต ( $Y_t$ ) ขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนก่อนหน้า ที่เวลา  $(t-1, \dots, t-q)$  รูปแบบทั่วไปของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ  $q$  มีรูปแบบดังสมการที่ 4

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (4)$$

ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ  $q$  ที่นิยมใช้คือตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ 1 MA(1) และตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ 2 MA(2) มีรูปแบบสมการดังสมการที่ 5 และ 6

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (5)$$

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} \quad (6)$$

โดยที่  $Y_t$  คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา  $t$   
 $\mu$  คือ ค่าคงที่  
 $\theta_i$  คือ พารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ลำดับที่  $i$   
 $\varepsilon_t$  คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา  $t$

ก. ตัวแบบผสมผสานการถดถอยในตัวเองและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ  $p$  และ  $q$  (mixed autoregressive and moving average model of order  $p$  and  $q$  : ARMA ( $p, q$ )) เป็นตัวแบบที่กำหนดว่า ค่าสังเกต ( $Y_t$ ) ขึ้นอยู่กับค่าสังเกตและค่าความคลาดเคลื่อนก่อนหน้าที่เวลา  $(t-1, \dots, t-p), (t-1, \dots, t-q)$  โดยที่รูปแบบทั่วไปของตัวแบบผสมผสานการถดถอยในตัวเองและค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อันดับ  $p$  และ  $q$  มีรูปแบบสมการ ดังสมการที่ 7

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q} \quad (7)$$

ตัวแบบ ARMA( $p, q$ ) ที่สำคัญและนิยมใช้กันมากคือ ARMA(1,1) มีรูปแบบดังสมการที่ 8

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} \quad (8)$$

โดยที่  $Y_t$  คือ ข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา  $t$   
 $\delta$  คือ ค่าคงที่  
 $\phi_i$  คือ พารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองที่  $i$   
 $\theta_i$  คือ พารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ลำดับที่  $i$

$\varepsilon_t$  คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา  $t$

4.1.2 การวิเคราะห์ความเป็นสเตรชันนารีของข้อมูลอนุกรมเวลา เป็นการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่ค่าสังเกต มีคุณสมบัติทางสถิติคือ มีค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนและฟังก์ชันความน่าจะเป็นของค่าสังเกต ณ เวลาต่างๆ คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่เปลี่ยนแปลง

4.1.3 การกำหนดตัวแบบให้กับอนุกรมเวลา ที่เหมาะสมให้กับอนุกรมเวลา จะพิจารณาจากคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองที่ได้จากข้อมูล (coefficient autocorrelation :  $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนที่ได้จากข้อมูล (partial coefficient autocorrelation :  $r_{kk}$ ) เทียบกับ คอเรลโรแกรมค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวแบบ (coefficient autocorrelation :  $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของตัวแบบ (partial coefficient autocorrelation :  $\rho_{kk}$ ) ว่ามีความสอดคล้องกันกับคอเรลโรแกรม ของตัวแบบใด ค่า  $r_k, r_{kk}$  จะเป็นค่าประมาณของ  $\rho_k$  และ  $\rho_{kk}$  สามารถคำนวณได้จากข้อมูลโดยตรง ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองที่ได้จากข้อมูล (coefficient autocorrelation :  $r_k$ ) เป็นค่าวัดความสัมพันธ์ของข้อมูลอนุกรมเวลาในชุดเดียวกัน โดยมีช่วงเวลาห่างกันเท่ากับ  $k$  ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 9 และความแปรปรวนของ  $r_k$  คำนวณจากสมการที่ 10

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t+k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (9)$$

โดยที่  $Y_t$  คือ ค่าข้อมูลหรือค่าสังเกต ณ เวลา  $t$

$k$  คือ จำนวนช่วงเวลา ที่ข้อมูลห่างกัน  $k = 2,3,4,\dots$

$n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

$\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

$$V(r_k) = \begin{cases} \frac{1}{n} & , \quad k = 1 \\ \frac{1}{n} \left( 1 + 2 \sum_{j=1}^{k-1} r_j^2 \right) & , \quad k \geq 2 \end{cases} \quad (10)$$

เมื่อ  $V(r_k)$  คือความแปรปรวนของ  $r_k$

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองที่ได้จากข้อมูล (coefficient autocorrelation :  $r_k$ ) ที่คำนวณได้จากสมการที่ 9 แสดงถึงความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูล กล่าวคือ เมื่อ  $|r_k|$  มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่า ข้อมูลในอนุกรมเวลานั้นมีความสัมพันธ์กันต่ำ และ  $|r_k|$  มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลในอนุกรมเวลานั้นมีความสัมพันธ์กันสูง และถ้า  $r_k$  มีค่ามากกว่า 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน แต่ถ้า  $r_k$  มีค่าน้อยกว่า 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกัน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนจากข้อมูล (partial coefficient autocorrelation :  $r_{kk}$ ) เป็นค่าวัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าสังเกตที่อยู่ห่างกัน  $k$  ช่วงเวลา เมื่อกำหนดให้ ค่าสังเกต ณ เวลาอื่นคงที่ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 11

$$r_{kk} = \begin{cases} r_1 & , k = 1 \\ \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_j} & , k \geq 2 \end{cases} \quad (11)$$

โดยที่  $r_{k,j}$  คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ที่ช่วงเวลาห่างกัน  $k$  และ  $j$

$$r_{k,j} = r_{k-1,j} - r_{kk} \times r_{k-1,j-1} \quad \text{สำหรับ } j = 1, 2, 3, \dots, k-1$$

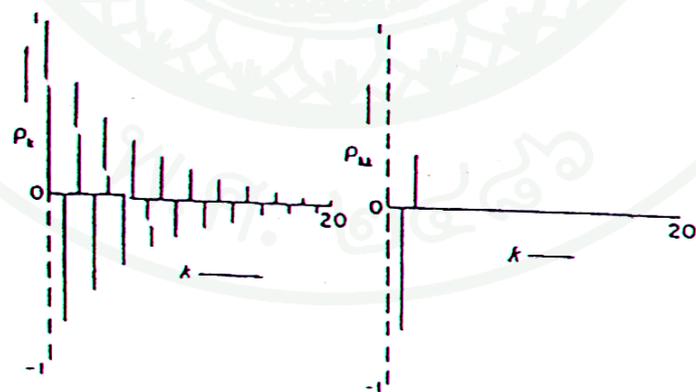
$$V(r_{kk}) = \frac{1}{n} \quad \text{สำหรับ } k = 1, 2, 3, \dots$$

ค่า  $r_k$  และ  $r_{kk}$  ที่คำนวณได้สามารถสร้างกราฟ หรือเรียกว่าคอเรลโรแกรมของข้อมูล ( $r_k, r_{kk}$ ) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของตัวแบบ ( $\rho_k, \rho_{kk}$ ) เพื่อกำหนดตัวแบบให้กับข้อมูลอนุกรมเวลาในขั้นต่อไป ซึ่งคอเรลโรแกรมของตัวแบบแสดงดังภาพที่ 3-12



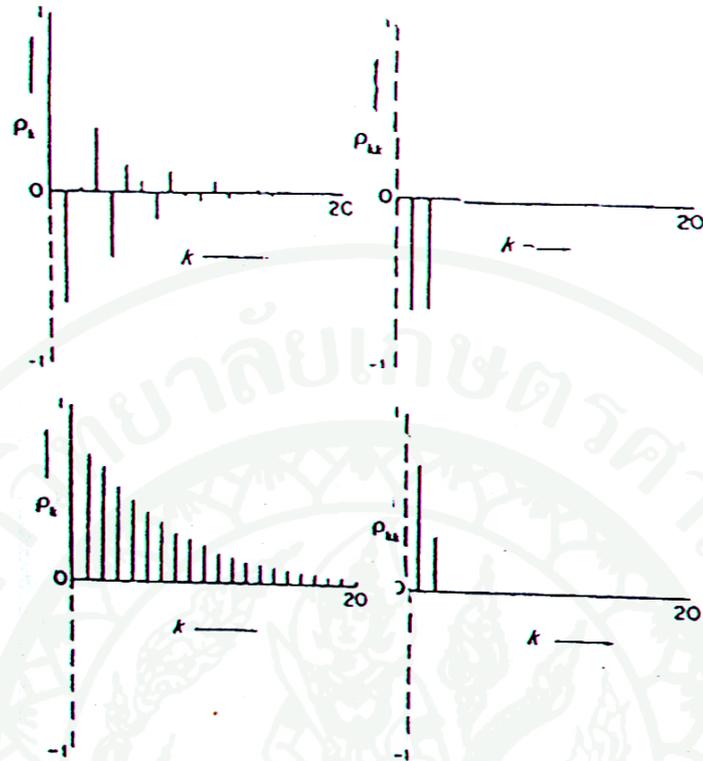
ภาพที่ 3 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ AR(1)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเอี่ยม เทคโนโลยีการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)



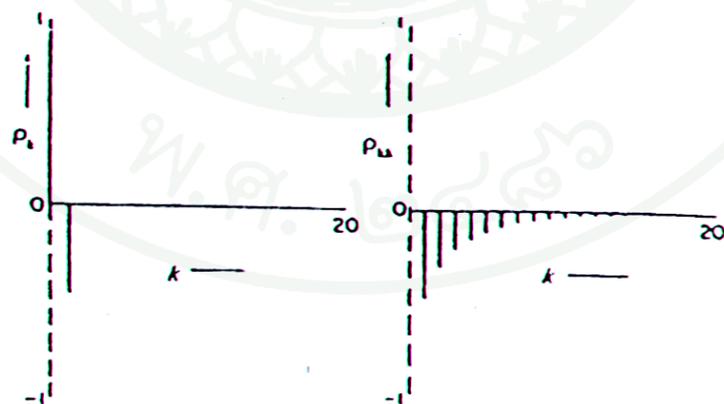
ภาพที่ 4 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ AR(2)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเอี่ยม เทคโนโลยีการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)



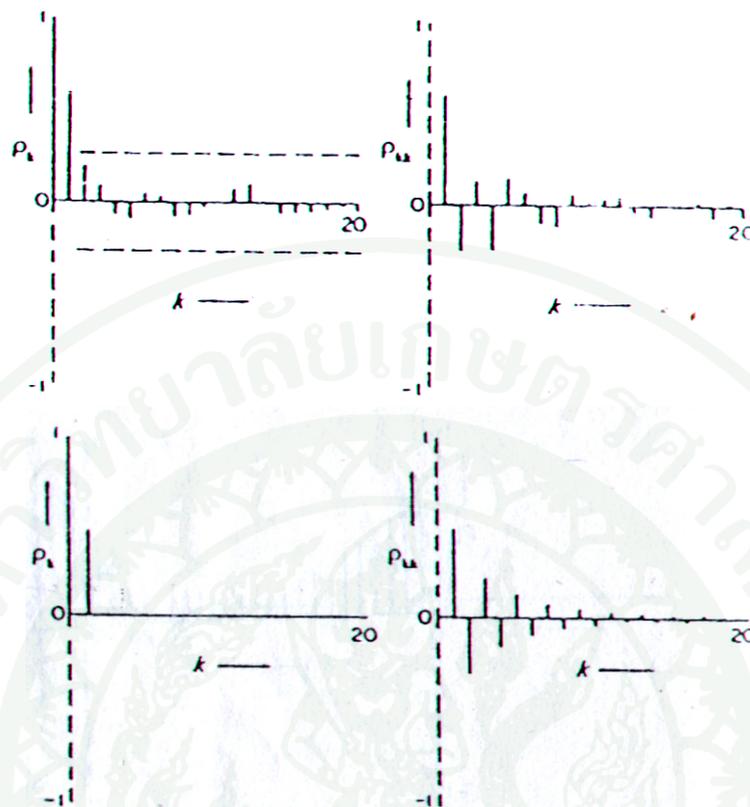
ภาพที่ 5 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ AR(2) (ต่อ)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเอี่ยม เทคนิคการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)



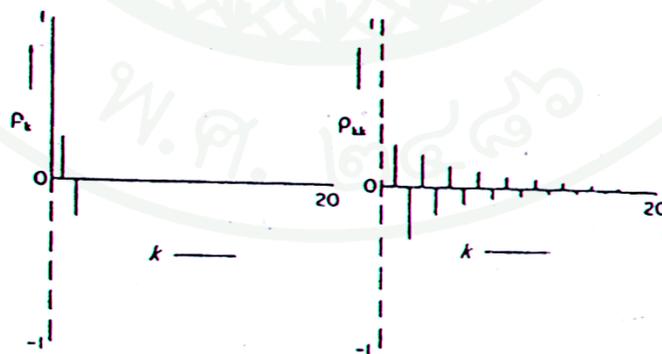
ภาพที่ 6 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ MA(1)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเอี่ยม เทคนิคการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)



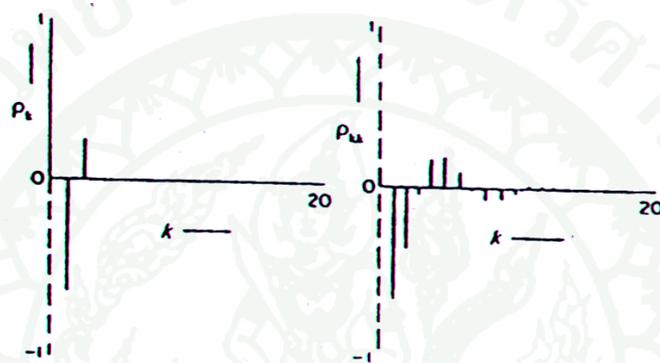
ภาพที่ 7 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ MA(1) (ต่อ)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเอี่ยม เทคนิคการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)



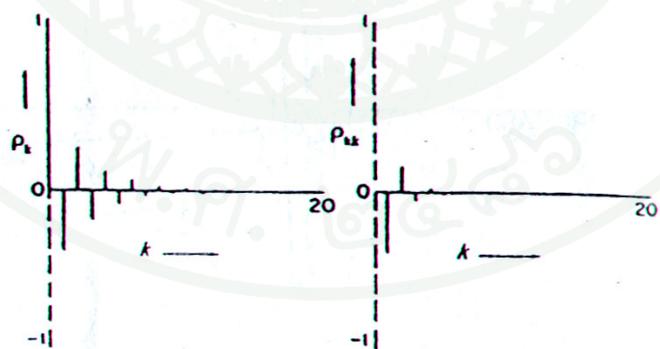
ภาพที่ 8 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ MA(2)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเอี่ยม เทคนิคการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)



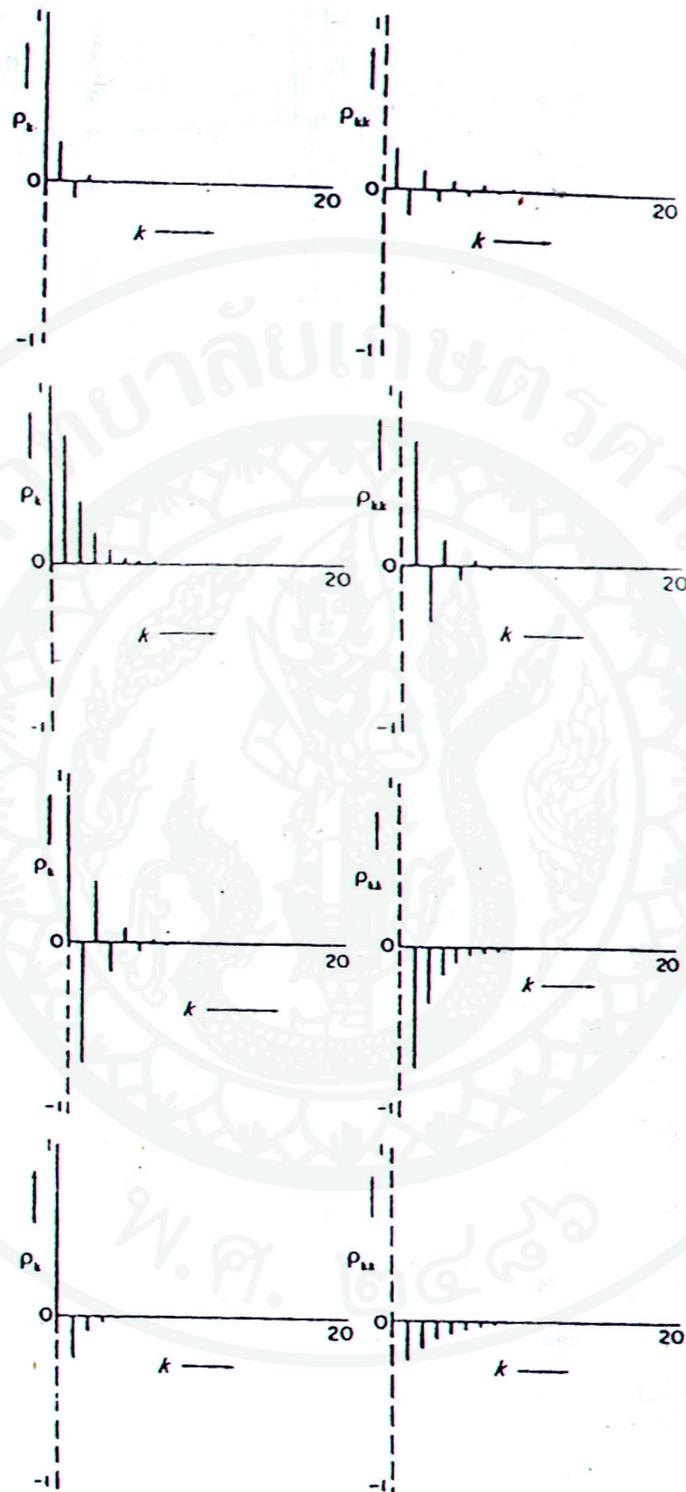
ภาพที่ 9 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ MA(2) (ต่อ)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเอี่ยม เทคนิคการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)



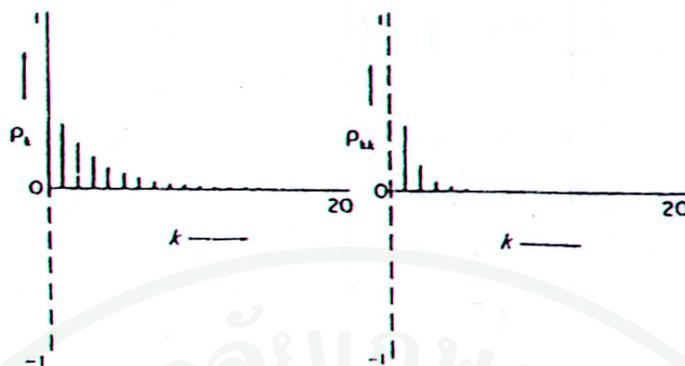
ภาพที่ 10 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ ARMA(1,1)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเอี่ยม เทคนิคการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)



ภาพที่ 11 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ ARMA(1,1) (ต่อ)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเยี่ยม เทคนิคการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)



ภาพที่ 12 คอเรลโรแกรม  $\rho_k, \rho_{kk}$  สำหรับตัวแบบ ARMA(1,1) (ต่อ)

ที่มา: สมเกียรติ เกตุเอี่ยม เทคนิคการทำนาย มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา (2548)

การกำหนดตัวแบบให้กับอนุกรมเวลา สามารถทำได้โดยการเปรียบเทียบคอเรลโรแกรมของข้อมูล ( $r_k, r_{kk}$ ) กับคอเรลโรแกรมของตัวแบบ ( $\rho_k, \rho_{kk}$ ) ซึ่งการเปรียบเทียบนั้นคอเรลโรแกรมของ  $r_k, r_{kk}$  อาจจะไม่เหมือนกับคอเรลโรแกรมของ  $\rho_k, \rho_{kk}$  เลยทั้งหมด โดยการเปรียบเทียบนั้นจะมีแนวทางในการพิจารณา เพื่อกำหนดตัวแบบ ARMA( $p, q$ ) ให้กับอนุกรมเวลาคือ

1. พิจารณาค่า  $r_k$  และ  $r_{kk}$  เฉพาะค่าช่วง  $k$  ต้นๆ หากพบว่า  $r_k$  และ  $r_{kk}$  ช่วงท้ายๆ บางค่า มีค่าสูงหรือต่ำ จะถือว่า  $r_k$  และ  $r_{kk}$  มีค่าสูงหรือต่ำโดยการสุ่ม

2. ตัวแบบ ARMA( $p, q$ ) ที่ได้จากการเปรียบเทียบจากคอเรลโรแกรมอาจมีมากกว่า 1 ตัวแบบ เพราะลักษณะของคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  และ  $r_{kk}$  อาจจะไม่เหมือนหรือต่างจากคอเรลโรแกรมของ  $\rho_k$  และ  $\rho_{kk}$  แบบใดแบบหนึ่งหรือเพียงบางส่วน ซึ่งต้องทำการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบอีกครั้งในขั้นตอนต่อไป

4.1.4 การประมาณค่าพารามิเตอร์ เมื่อกำหนดตัวแบบ ARMA( $p, q$ ) ให้กับอนุกรมเวลาแล้ว ขั้นตอนต่อไป จะเป็นการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในตัวแบบ ซึ่งการประมาณค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นจะใช้สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง (coefficient autocorrelation :  $\rho_k$ ) กับพารามิเตอร์ในตัวแบบ และสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลากับพารามิเตอร์ในตัวแบบพารามิเตอร์ที่ได้จากการประมาณค่าคือ  $\phi, \delta, \hat{\mu}, \hat{\theta}$  ซึ่งจะนำมาแทนค่าพารามิเตอร์  $\phi, \delta, \mu, \theta$  ที่อยู่ในตัวแบบต่างๆ ดังนี้

ตัวแบบ AR(1) สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\phi}_1$  ได้จากสมการ  $\rho_1 = \phi_1$  เมื่อแทน  $\rho_1$  ด้วย  $r_1$  และประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\delta}$  ได้จากสมการ  $\mu_y = \frac{\delta}{1-\phi_1}$  เมื่อแทน  $\mu_y$  ด้วย  $\bar{Y}$  เมื่อ  $\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา และขอบเขตของพารามิเตอร์ คือ  $|\phi_1| < 1$

ตัวแบบ AR(2) สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\phi}_1, \hat{\phi}_2$  ได้จากสมการ  $\rho_1 = \frac{\phi_1}{1-\phi_2}, \rho_2 = \frac{\phi_1^2}{1-\phi_2} + \phi_2$  เมื่อแทน  $\rho_1$  ด้วย  $r_1$  และประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\delta}$  ได้จากสมการ  $\mu_y = \frac{\delta}{1-\phi_1-\phi_2}$  เมื่อแทน  $\mu_y$  ด้วย  $\bar{Y}$  เมื่อ  $\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา และขอบเขตของพารามิเตอร์ คือ  $|\phi_1 + \phi_2| < 1$

ตัวแบบ MA(1) สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\theta}_1$  ได้จากสมการ  $\rho_1 = \frac{-\theta_1}{1-\theta_1^2}$  เมื่อแทน  $\rho_1$  ด้วย  $r_1$  และประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\mu}$  ได้จาก  $\mu_y = \mu$  เมื่อแทน  $\mu_y$  ด้วย  $\bar{Y}$  เมื่อ  $\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา ขอบเขตของพารามิเตอร์ คือ  $|\theta_1| < 1$

ตัวแบบ MA(2) สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2$  ได้จากสมการ  $\rho_1 = \frac{-\theta_1(1-\theta_1)}{1+\theta_1^2+\theta_2^2}$  และ  $\rho_2 = \frac{-\theta_2}{1+\theta_1^2+\theta_2^2}$  เมื่อแทน  $\rho_1$  ด้วย  $r_1$  ประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\mu}$  ได้จาก  $\mu_y = \mu$  เมื่อแทน  $\mu_y$  ด้วย  $\bar{Y}$  เมื่อ  $\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา ขอบเขตของพารามิเตอร์ คือ  $|\theta_1 + \theta_2| < 1$

ตัวแบบ ARMA(1,1) สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\phi}_1, \hat{\theta}_1$  ได้จากสมการ  $\rho_1 = \frac{(1-\theta_1\phi_1)(\phi_1-\theta_1)}{1+\theta_1^2-2\phi_1\theta_1}, \rho_2 = \phi_1\rho_1$  และประมาณค่าพารามิเตอร์  $\hat{\mu}$  ได้จาก  $\mu_y = \frac{\delta}{1-\phi_1} = \bar{Y}$  เมื่อ  $\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลา ขอบเขตของพารามิเตอร์ คือ  $|\phi_1| < 1, |\theta_1| < 1$

4.1.5 การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ เมื่อมีการกำหนดตัวแบบและประมาณค่าพารามิเตอร์เรียบร้อยแล้วตรวจสอบว่าตัวแบบที่กำหนดไว้มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาหรือไม่ การตรวจสอบส่วนใหญ่จะอาศัยค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนาย ( $e_t$ ) โดยจะพิจารณาลักษณะความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกันของความคลาดเคลื่อน และการทดสอบว่า

พารามิเตอร์ที่อยู่ในตัวแบบมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ โดยการตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ แบ่งออกเป็น 3 วิธีดังนี้

1. พิจารณาว่าความคลาดเคลื่อน ของการทำนายที่อยู่ห่างกัน  $1, 2, 3, \dots, m$  ช่วงเวลา เป็นอิสระต่อกันหรือไม่ การทดสอบจะกำหนดสมมติฐานหลักและสมมติฐานทางเลือกดังนี้

$$H_0 : \rho_1(e_t) = \rho_2(e_2) = \dots = \rho_m(e_t) = 0$$

$$H_1 : \rho_k(e_t) \text{ อย่างน้อย 1 ค่าไม่เท่ากับ 0}$$

$$\text{เมื่อ } k = 1, 2, 3, \dots, m$$

$\rho_k(e_t)$  คือค่าสัมประสิทธิ์ในตัวเองของค่า  $e_t$  ที่อยู่ห่างกัน  $k$  ช่วงเวลา สำหรับตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ ตัวสถิติของ Box and Liung ดังสมการที่ 12

$$Q_m = n(n+2) \sum_{k=1}^m \left( \frac{r_k^2(e_t)}{(n-K)} \right) \quad (12)$$

โดยที่  $n$  คือ จำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลา  $e_t$

$m$  คือ ช่วงเวลาที่ห่างกันมากที่สุดของ  $e_t$  ที่เรานำมาพิจารณา

ปฏิเสธ  $H_0$  ก็ต่อเมื่อ ตัวสถิติ  $Q_m \geq \chi_{\alpha, m-a}^2$  (เมื่อ  $a$  คือจำนวนพารามิเตอร์และค่าคงที่ทั้งหมดในตัวแบบ) แสดงว่ามี  $\rho_k(e_t)$  อย่างน้อยหนึ่งค่าที่ไม่เท่ากับ 0 สำหรับ  $k = 1, 2, 3, \dots, m$  ความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระต่อกัน แสดงว่าตัวแบบนั้นยังไม่มีความเหมาะสม

2. พิจารณาว่าอนุกรมเวลา ของค่าความคลาดเคลื่อน มีความเคลื่อนไหวเป็นอิสระกันหรือไม่ การทดสอบจะกำหนดสมมติฐานหลักและสมมติฐานทางเลือกดังนี้

$$H_0 : \rho_k(e_t) = 0 \text{ และ } H_1 : \rho_k(e_t) \neq 0 \text{ เมื่อ } k = 1, 2, 3, \dots$$

$\rho_k(e_t)$  คือค่าสัมประสิทธิ์ในตัวเองของค่า  $e_t$  ที่อยู่ห่างกัน  $k$  ช่วงเวลา สำหรับตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบคือ  $r_k(e_t)$  คำนวณได้จากสมการ ที่ 13

$$r_k(e_t) = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (e_t - \bar{e})(e_{t+k} - \bar{e})}{\sum_{t=1}^n (e_t - \bar{e})} \quad (13)$$

เมื่อ  $\bar{e}$  คือค่าเฉลี่ยของ  $e_t$  โดยที่  $\bar{e} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{n}$

จะยอมรับ  $H_0$  ก็ต่อเมื่อค่า  $r_k(e_t)$  อยู่ในช่วง  $\pm 2$  เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ  $r_k(e_t)$  (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05) แสดงว่าตัวแบบที่กำหนดให้ไม่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลา

3. พิจารณาจากการทดสอบค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ เป็นการทดสอบว่าแต่ละพารามิเตอร์ในตัวแบบมีค่าเท่ากับ 0 หรือไม่ โดยกำหนดสมมติฐานหลักและสมมติทางเลือกดังนี้

$$H_0 : \theta = 0 \quad \text{และ} \quad H_1 : \theta \neq 0$$

เมื่อ  $\theta$  คือ พารามิเตอร์ สำหรับตัวสถิติที่ใช้ทดสอบคือ  $t$  โดยที่  $t = \frac{\hat{\theta}}{S_{\hat{\theta}}}$

$\hat{\theta}$  คือ ค่าประมาณของพารามิเตอร์  $\theta$

$S_{\hat{\theta}}$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ  $\hat{\theta}$

ยอมรับ  $H_0$  ก็ต่อเมื่อ  $-t_{\frac{\alpha}{2}} \leq t \leq t_{\frac{\alpha}{2}}$  จะปฏิเสธ  $H_0$  ก็ต่อเมื่อ

$t < -t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$  หรือ  $t > t_{\frac{\alpha}{2}, n-1}$  โดยมีระดับนัยสำคัญเท่ากับ  $\alpha$  ส่วนค่า  $S_{\hat{\theta}}$  ของตัวแบบแสดงดังตาราง

ที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของตัวประมาณ และตัวประมาณค่าของพารามิเตอร์

ตัวแบบ	ตัวประมาณ ( $\hat{\theta}$ )	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ( $S_{\hat{\theta}}$ )
AR(1)	$\hat{\phi}_1$	$\sqrt{\frac{1-\hat{\phi}_1^2}{n}}$
AR(2)	$\hat{\phi}_1, \hat{\phi}_2$	$\sqrt{\frac{1-\hat{\phi}_i^2}{n}}, i=1,2$
MA(1)	$\hat{\theta}_1$	$\sqrt{\frac{1-\hat{\theta}_1^2}{n}}$
MA(2)	$\hat{\theta}_1, \hat{\theta}_2$	$\sqrt{\frac{1-\hat{\theta}_i^2}{n}}, i=1,2$
ARMA(1,1)	$\hat{\phi}_1$	$\sqrt{\frac{(1-\hat{\phi}_1^2)(1-\hat{\phi}_1\hat{\theta}_1)^2}{n(\hat{\phi}_1-\hat{\theta}_1)^2}}$
	$\hat{\theta}_1$	$\sqrt{\frac{(1-\hat{\theta}_1^2)(1-\hat{\phi}_1\hat{\theta}_1)^2}{n(\hat{\phi}_1-\hat{\theta}_1)^2}}$

4.1.5 เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบแล้วพบว่าตัวแบบที่กำหนดให้กับอนุกรมเวลานั้นมีความเหมาะสม ก็จะนำสมการที่สร้างจากตัวแบบมาหาค่าทำนาย ซึ่งการทำนายด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์ แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือการทำนายแบบจุด และการทำนายแบบช่วง สมการทำนายของตัวแบบมีดังนี้

1. สมการทำนายตัวแบบ AR(p) การทำนายของตัวแบบ AR(1) แบบจุด คำนวณจากสมการที่ 14 และ 15

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} \hat{\delta} + \hat{\phi}_1 Y_t & , \quad m=1 \\ \hat{\delta} + \hat{\phi}_1 Y_{t+m-1} & , \quad m \geq 2 \end{cases} \quad (14)$$

หรือ

$$\hat{Y}_{t+m} = \bar{Y} + (\hat{\phi}_1)^m (Y_t - \bar{Y}), \quad m \geq 1 \quad (15)$$

โดยที่  $m$  คือ ช่วงเวลา

$\hat{Y}_t$  คือ ค่าทำนายที่เวลา  $t$

$Y_t$  คือ ค่าข้อมูลจริงที่เวลา  $t$

$\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง

$\hat{\delta}$  คือ ค่าคงที่ได้จากการประมาณค่า

$\hat{\phi}_i$  คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองที่  $i$

การทำนายของตัวแบบ AR(1) แบบช่วง ที่ช่วงความเชื่อมั่น  $(1-\alpha) 100\%$  ของค่าทำนายคำนวณจากสมการที่ 16

$$\hat{Y}_{t+m} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{\left\{ \frac{1-\hat{\phi}_1^{2m}}{1-\hat{\phi}_1^2} \right\} S_e^2} < Y_{t+m} < \hat{Y}_{t+m} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{\left\{ \frac{1-\hat{\phi}_1^{2m}}{1-\hat{\phi}_1^2} \right\} S_e^2} \quad (16)$$

เมื่อ  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$  คือ ค่าที่ได้จากตารางการแจกแจงปกติแบบมาตรฐานที่ระดับ

นัยสำคัญ  $\frac{\alpha}{2}$

$S_e^2$  คือ ค่าความแปรปรวนของการทำนาย โดยที่  $S_e^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-1}$

$n$  คือ จำนวนข้อมูล

การทำนายของตัวแบบ AR(2) แบบจุด คำนวณจากสมการที่ 17 และ 18

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} \hat{\delta} + \hat{\phi}_1 Y_t + \hat{\phi}_2 Y_{t-1} & , m = 1 \\ \hat{\delta} + \hat{\phi}_1 Y_{t+1} + \hat{\phi}_2 Y_t & , m = 2 \\ \hat{\delta} + \hat{\phi}_1 Y_{t+m-1} + \hat{\phi}_2 Y_{t+m-2} & , m \geq 3 \end{cases} \quad (17)$$

หรือ

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} \bar{Y} + \hat{\phi}_1 (Y_t - \bar{Y}) - \hat{\phi}_2 (Y_{t-1} - \bar{Y}) & , m = 1 \\ \bar{Y} + \hat{\phi}_1 (Y_{t+1} - \bar{Y}) - \hat{\phi}_2 (Y_t - \bar{Y}) & , m = 2 \\ \bar{Y} + \hat{\phi}_1 (Y_{t+m-1} - \bar{Y}) - \hat{\phi}_2 (Y_{t+m-2} - \bar{Y}) & , m \geq 3 \end{cases} \quad (18)$$

โดยที่  $m$  คือ ช่วงเวลา

$\hat{Y}_t$  คือ ค่าทำนายที่เวลา  $t$

$Y_t$  คือ ค่าข้อมูลจริงที่เวลา  $t$

$\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง

$\hat{\delta}$  คือ ค่าคงที่ได้จากการประมาณค่า

$\hat{\phi}_i$  คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองที่  $i$

การทำนายของตัวแบบ AR(2) แบบช่วง ที่ช่วงความเชื่อมั่น  $(1 - \alpha) 100\%$  ของค่าทำนาย คำนวณได้จากสมการที่ 19

$$\hat{Y}_{t+m} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{\left(1 + \sum_{j=1}^{m-1} \psi_j^2\right) S_e^2} < Y_{t+m} < \hat{Y}_{t+m} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{\left(1 + \sum_{j=1}^{m-1} \psi_j^2\right) S_e^2} \quad (19)$$

เมื่อ  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$  คือค่าที่ได้จากตารางการแจกแจงปกติแบบมาตรฐานที่ระดับนัยสำคัญ  $\frac{\alpha}{2}$

$$S_e^2 \text{ คือค่าความแปรปรวนของการทำนาย โดยที่ } S_e^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-1}$$

$n$  คือจำนวนข้อมูล

2. สมการทำนายตัวแบบ MA(q) การทำนายของตัวแบบ MA(1) แบบจุด คำนวณจากสมการที่ 20 และ 21

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} \hat{\mu} + \hat{\theta}_1 e_t & , \quad m = 1 \\ \hat{\mu} & , \quad m \geq 2 \end{cases} \quad (20)$$

หรือ

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} \bar{Y} + \hat{\theta}_1 e_t & , \quad m = 1 \\ \bar{Y} & , \quad m \geq 2 \end{cases} \quad (21)$$

โดยที่  $m$  คือ ช่วงเวลา

$\hat{Y}_t$  คือ ค่าทำนายที่เวลา  $t$

$Y_t$  คือ ค่าข้อมูลจริงที่เวลา  $t$

$\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง

$\hat{\mu}$  คือ ค่าคงที่ได้จากการประมาณค่า

$\hat{\theta}_i$  คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ลำดับที่  $i$

$e_t$  คือ ความคลาดเคลื่อนที่เวลา  $t$

การทำนายของตัวแบบ MA(1) แบบช่วง คำนวณจากสมการที่ 22 และ 23 ที่ช่วงความเชื่อมั่น  $(1 - \alpha) 100\%$  ของค่าทำนาย

$$\hat{Y}_{t+m} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{S_e^2} < Y_{t+m} < \hat{Y}_{t+m} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{S_e^2}, m = 1 \quad (22)$$

หรือ

$$\hat{Y}_{t+m} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{(1 + \hat{\theta}_1^2) S_e^2} < Y_{t+m} < \hat{Y}_{t+m} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{(1 + \hat{\theta}_1^2) S_e^2}, m \geq 2 \quad (23)$$

เมื่อ  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$  คือ ค่าที่ได้จากตารางการแจกแจงปกติแบบมาตรฐานที่ระดับนัยสำคัญ  $\frac{\alpha}{2}$

$$S_e^2 \text{ คือ ค่าความแปรปรวนของการทำนาย โดยที่ } S_e^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-1}$$

$n$  คือ จำนวนข้อมูล

การทำนายของตัวแบบ MA(2) แบบจุด คำนวณจากสมการที่ 24 และ 25

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} \hat{\mu} - \hat{\theta}_1 e_t - \hat{\theta}_2 e_{t-1} & , m = 1 \\ \hat{\mu} - \hat{\theta}_2 & , m = 2 \\ \hat{\mu} & , m \geq 3 \end{cases}$$

(24)

หรือ

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} \bar{Y} - \hat{\theta}_1 e_t - \hat{\theta}_2 e_{t-1} & , \quad m = 1 \\ \bar{Y} - \hat{\theta}_2 & , \quad m = 2 \\ \bar{Y} & , \quad m \geq 3 \end{cases} \quad (25)$$

โดยที่  $m$  คือ ช่วงเวลา

$\hat{Y}_t$  คือ ค่าทำนายที่เวลา  $t$

$Y_t$  คือ ค่าข้อมูลจริงที่เวลา  $t$

$\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง

$\hat{\mu}$  คือ ค่าคงที่ได้จากการประมาณค่า

$\hat{\theta}_i$  คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ลำดับที่  $i$

$e_t$  คือ ความคลาดเคลื่อนที่เวลา  $t$

การทำนายของตัวแบบ MA(2) แบบช่วง คำนวณจากสมการที่ 26 27 และ 28

$$\hat{Y}_{t+m} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{S_e^2} < Y_{t+m} < \hat{Y}_{t+m} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{S_e^2} \quad , m = 1 \quad (26)$$

$$\hat{Y}_{t+m} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{(1 + \hat{\theta}_1^2) S_e^2} < Y_{t+2} < \hat{Y}_{t+2} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{(1 + \hat{\theta}_1^2) S_e^2} \quad , m = 2 \quad (27)$$

หรือ

$$\hat{Y}_{t+m} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{(1 + \hat{\theta}_1^2 + \hat{\theta}_2^2) S_e^2} < Y_{t+m} < \hat{Y}_{t+m} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{(1 + \hat{\theta}_1^2 + \hat{\theta}_2^2) S_e^2} \quad , m \geq 3 \quad (28)$$

3. สมการทำนายตัวแบบ ARMA(p,q) การทำนายตัวแบบ ARMA(0,0) แบบจุด  
คำนวณจากสมการที่ 29

$$\hat{Y}_{t+m} = \hat{\delta} = \bar{Y} \quad , m \geq 1 \quad (29)$$

โดยที่  $\hat{Y}_t$  คือ ค่าทำนายที่เวลา  $t$   
 $\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง  
 $\hat{\delta}$  คือ ค่าคงที่ได้จากการประมาณค่า

การทำนายของตัวแบบ ARMA(0,0) แบบช่วง คำนวณจากสมการที่ 30 ที่ช่วงความ  
 เชื่อมัน  $(1-\alpha) 100\%$  ของค่าทำนาย

$$\hat{Y}_{t+m} - Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{S_e^2} < Y_{t+m} < \hat{Y}_{t+m} + Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \sqrt{S_e^2} \quad (30)$$

โดยที่  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$  คือ ค่าที่ได้จากตารางแจกแจงปกติแบบมาตรฐานที่ระดับนัยสำคัญ  $\frac{\alpha}{2}$

$$S_e^2 \text{ คือ ค่าความแปรปรวนของการทำนาย โดยที่ } S_e^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n-1}$$

$n$  คือ จำนวนข้อมูล

การทำนายตัวแบบ ARMA(1,1) แบบจุด คำนวณจากสมการที่ 31 และ 32

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} \hat{\delta} + \hat{\phi}_1 Y_t - \hat{\theta}_1 e_t, & m = 1 \\ \hat{\delta} + \hat{\phi}_1 Y_{t+m-1}, & m \geq 2 \end{cases} \quad (31)$$

หรือ

$$\hat{Y}_{t+m} = \begin{cases} \bar{Y} + \hat{\phi}_1 (Y_t - \bar{Y}) - \hat{\theta}_1 e_t, & m = 1 \\ \bar{Y} + (\hat{\phi}_1)^m (Y_t - \bar{Y}), & m \geq 2 \end{cases} \quad (32)$$

เมื่อ  $m$  คือ ช่วงเวลา

$\hat{Y}_t$  คือ ค่าทำนายที่เวลา  $t$

$Y_t$  คือ ค่าข้อมูลจริงที่เวลา  $t$

$\bar{Y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจริง

$\hat{\delta}$  คือ ค่าคงที่ได้จากการประมาณค่า

$\hat{\theta}_i$  คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ลำดับที่  $i$

$\hat{\phi}_i$  คือ ค่าประมาณพารามิเตอร์ของการถดถอยในตัวเองที่  $i$

$e_t$  คือ ความคลาดเคลื่อนที่เวลา  $t$

การทำนายตัวแบบ ARMA(1,1) แบบช่วงคำนวณจากสมการที่ 33 ที่ช่วงความเชื่อมั่น  $(1 - \alpha) 100\%$  ของค่าทำนาย

$$\hat{Y}_{t+m} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\left\{ \frac{1 + (\hat{\phi}_1 - \hat{\theta}_1)^2 (1 - \hat{\phi}_1^{2m-2})}{1 - \hat{\phi}_1^2} \right\} S_e^2} \quad (33)$$

เมื่อ  $Z_{\frac{\alpha}{2}}$  คือ ค่าที่ได้จากตารางแจกแจงปกติแบบมาตรฐานที่ระดับนัยสำคัญ  $\frac{\alpha}{2}$

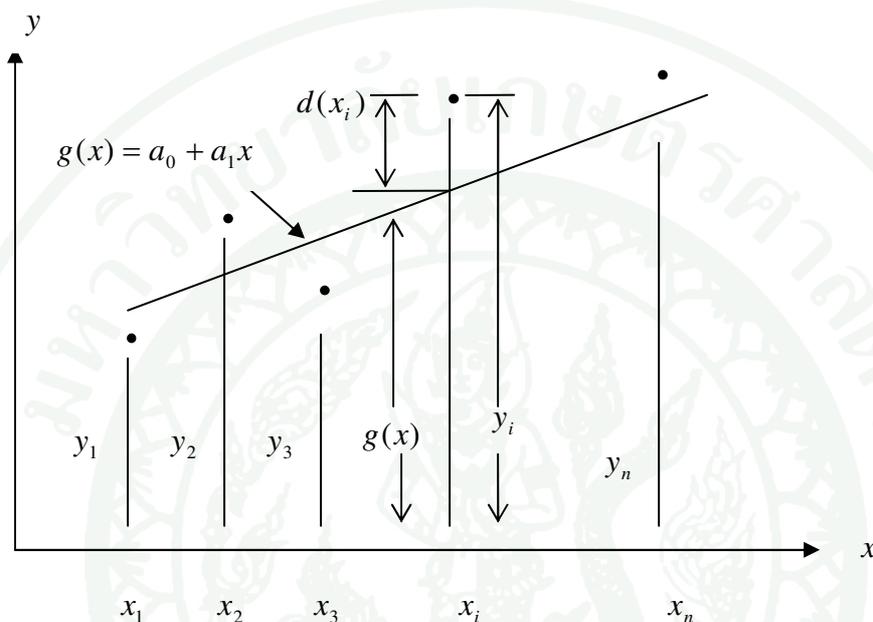
$S_e^2$  คือ ค่าความแปรปรวนของการทำนาย โดยที่  $S_e^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)^2}{n-1}$

$n$  คือ จำนวนข้อมูล

4.2 วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Curve Fitting by Least Squares Method)

โดยทั่วไปแล้ว ข้อมูลจากการทดลองหลายๆครั้งมักไม่มีค่าที่แน่นอน สาเหตุเนื่องมาจาก สภาวะต่างๆ ที่นอกเหนือไปจากการควบคุม ดังนั้นข้อมูลที่ได้จึงจำเป็นต้องนำมาถ่วงก่อนนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งกระบวนการถ่วงข้อมูล อย่างเป็นขั้นตอน จะได้ผลลัพธ์ที่เป็นมาตรฐานของข้อมูลนั้น วิธีการที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นวิธีการการประมาณค่าข้อมูลด้วยวิธีการถดถอยแบบกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งเป็นวิธีที่จะพยายามให้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยที่สุด โดยการถดถอยแบ่งออกเป็น 2 แบบคือการถดถอยแบบเชิงเส้น (linear regression) และการถดถอยแบบไม่เชิงเส้นหรือการถดถอยแบบพหุนาม (polynomial regression)

1. การถดถอยแบบเชิงเส้น (linear regression) ใช้ในการสร้างฟังก์ชันเส้นตรงสำหรับชุดข้อมูลที่กำหนดมาให้ ดังภาพที่ 13 ชุดข้อมูลประกอบไปด้วย  $x_i, y_i$  โดยที่  $i = 1, 2, \dots, n$  ซึ่งมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น  $n$  ข้อมูล



ภาพที่ 13 การถดถอยเชิงเส้นจากฟังก์ชันเส้นตรง

สมการของเส้นตรง แสดงดังสมการที่ 34

$$g(x) = a_0 + a_1x \quad (34)$$

เมื่อ  $a_0$  และ  $a_1$  เป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า โดยจะต้องคำนวณโดยให้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด จากข้อมูลที่กำหนดมาให้ จากภาพที่ 13 ตำแหน่ง  $x_i$  ของข้อมูล  $i$  ใดๆ ค่าของฟังก์ชัน  $g(x)$  มีค่าแตกต่างไปจากข้อมูล  $y_i$  เท่ากับ  $d(x_i)$  แสดงว่า ค่าความผิดพลาด ( $E$ ) ทั้งหมด ที่เกิดขึ้นจากข้อมูลทั้งหมด  $n$  ข้อมูล มีค่าดังสมการที่ 35

$$E = \sum_{i=1}^n [d(x_i)]^2 \quad (35)$$

ความผิดพลาดโดยรวมทั้งหมด สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบฟังก์ชันพหุนาม  
ดังสมการที่ 36 และสมการที่ 37

$$E = \sum_{i=1}^n [y_i - g(x_i)]^2 \quad (36)$$

หรือ

$$E = \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 - a_1 x_i)]^2 \quad (37)$$

เราสามารถคำนวณหาตัว  $a_0$  และ  $a_1$  ได้โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ซึ่งทำจาก  
วิธีการหาค่าต่ำสุดของค่าความผิดพลาด โดยเกี่ยวข้องกับตัว  $a_0$  และ  $a_1$  ได้ดังนี้

$$\frac{\partial E}{\partial a_0} = 0 \quad \text{และ} \quad \frac{\partial E}{\partial a_1} = 0$$

สามารถสร้างสมการได้ดังนี้

$$\frac{\partial E}{\partial a_0} = 2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1 x_i)](-1) = 0$$

$$n a_0 + \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) a_1 = \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\frac{\partial E}{\partial a_1} = 2 \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1 x_i)](-x_i) = 0$$

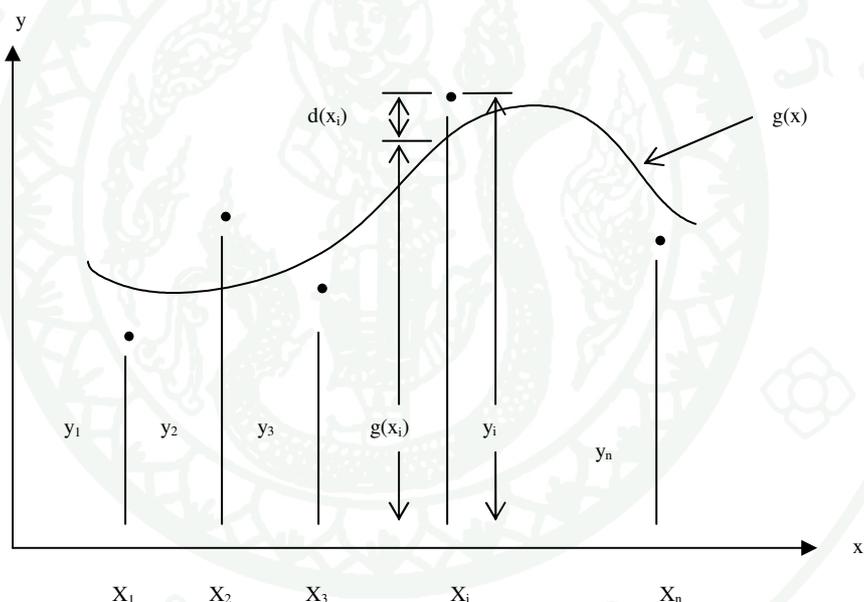
$$\left( \sum_{i=1}^n x_i \right) a_0 + \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) a_1 = \sum_{i=1}^n x_i y_i$$

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้คือ

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{bmatrix}$$

เมื่อแทนค่า  $a_0, a_1$  ที่คำนวณได้ลงในสมการเส้นตรง จะได้สมการถดถอยเชิงเส้นตามที่ต้องการ

2. การถดถอยแบบพหุนาม (polynomial regression) เป็นการถดถอยที่ไม่เป็นเชิงเส้นใช้ในการสร้างฟังก์ชันสำหรับข้อมูลที่มีการกระจายตัวแบบทั่วไป ไม่อยู่ในรูปแบบของเชิงเส้น ดังภาพที่ 14 โดยให้ชุดข้อมูลประกอบด้วย  $x_i, y_i$  โดยที่  $i = 1, 2, \dots, n$  เมื่อ  $n$  คือ จำนวนข้อมูล ซึ่งเราสามารถใช้ฟังก์ชันแบบพหุนามอันดับที่  $m$  (polynomial function degree  $m$ ) ซึ่งฟังก์ชันนั้นอาจจะผ่านทุกจุด หรือผ่านบางจุด ของข้อมูลก็ได้ โดยให้ใกล้เคียงกับทุกจุดมากที่สุดหรือให้มีความผิดพลาดโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดจากข้อมูลทั้งหมด สมการพหุนามอันดับ  $m$  แสดงดังสมการที่ 38



ภาพที่ 14 การถดถอยจากฟังก์ชันแบบพหุนาม

$$g(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m \quad (38)$$

เมื่อ  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$  เป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่า โดยสมการพหุนามที่สร้างขึ้น จะต้องให้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด จากข้อมูลที่กำหนดมาให้ ขั้นตอนในการสร้างฟังก์ชันพหุนามเริ่มจากการหาค่าความผิดพลาด  $E$  ที่เกิดขึ้นจากข้อมูล  $n$  ข้อมูล ดังสมการที่ 39

$$E = \sum_{i=1}^n [d(x_i)]^2 \quad (39)$$

ความผิดพลาดโดยรวมทั้งหมด สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบฟังก์ชันพหุนาม  
ดังสมการ 40 และ 41

$$E = \sum_{i=1}^n [y_i - g(x_i)]^2 \quad (40)$$

หรือ

$$E = \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1x^2 + \dots + a_mx^m)]^2 \quad (41)$$

เมื่อ  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$  เป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่า จะคำนวณโดยใช้วิธีกำลังสอง  
น้อยที่สุด ซึ่งทำจากวิธีการหาค่าต่ำสุดของค่าความผิดพลาด โดยเกี่ยวข้องกับตัว  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$   
ได้ดังนี้

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial E}{\partial a_0} = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial a_1} = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial a_2} = 0 \\ \vdots \\ \frac{\partial E}{\partial a_m} = 0 \end{array} \right\} \text{รวมทั้งสิ้น } m+1 \text{ สมการ}$$

สามารถสร้างสมการได้ดังนี้

$$\begin{aligned} na_0 + \left( \sum_{i=1}^n x \right) a_1 + \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) a_2 + \dots + \left( \sum_{i=1}^n x_i^m \right) a_m &= \sum_{i=1}^n y_i \\ \left( \sum_{i=1}^n x_i \right) a_0 + \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 \right) a_1 + \left( \sum_{i=1}^n x_i^3 \right) a_2 + \dots + \left( \sum_{i=1}^n x_i^{m+1} \right) a_m &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \vdots & \end{aligned}$$

$$\left(\sum_{i=1}^n x_i^m\right)a_0 + \left(\sum_{i=1}^n x_i^{m+1}\right)a_1 + \left(\sum_{i=1}^n x_i^{m+2}\right)a_2 + \dots + \left(\sum_{i=1}^n x_i^{2m}\right)a_m = \sum_{i=1}^n x_i^m y_i$$

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้คือ

$$\begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \cdots & \sum_{i=1}^n x_i^m \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 & \cdots & \sum_{i=1}^n x_i^{m+1} \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n x_i^4 & \cdots & \sum_{i=1}^n x_i^{m+2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_i^m & \sum_{i=1}^n x_i^{m+1} & \sum_{i=1}^n x_i^{m+2} & \cdots & \sum_{i=1}^n x_i^{2m} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n x_i^m y_i \end{bmatrix}$$

ค่า  $a_0, a_1, a_2, \dots, a_m$  ที่คำนวณได้ เมื่อแทนค่าลงในสมการพหุนาม ก็จะได้สมการพหุนามอันดับ  $m$  ที่เป็นการถดถอยแบบพหุนามตามที่ต้องการ

#### 4.3 การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing)

วิธีปรับให้เรียบเป็นวิธีการสร้างสมการทำนายจากค่าสังเกตในอนุกรมเวลาบางส่วนหรือทั้งหมดโดยให้น้ำหนักกับค่าสังเกตในอนุกรมแตกต่างกัน วิธีปรับให้เรียบเหมาะกับการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่มีแบบแผน โดยทุกครั้งที่มีการสังเกตใหม่เข้ามาจะนำค่าสังเกตใหม่ไปปรับสมการการทำนายด้วย วิธีการปรับให้เรียบตามการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

1. อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล
2. อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล
3. อนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มและมีอิทธิพลของฤดูกาล
4. อนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มและมีอิทธิพลของฤดูกาล

เทคนิคการปรับให้เรียบตามการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาที่งานวิจัยนี้ใช้คือการ

ปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ซึ่งเป็นเทคนิคที่อยู่ในกลุ่มของอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้มและไม่มีอิทธิพลของฤดูกาล และเป็นวิธีการปรับให้เรียบโดยให้น้ำหนักของค่าสังเกตที่แตกต่างกัน

การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย เป็นการทำนายที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือการเคลื่อนไหวอยู่ในระดับคงที่ หรือข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้มหรือไม่มีควมแปรผันตามฤดูกาล และเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการทำนายระยะสั้น วิธีนี้ค่าทำนายจะคำนวณได้จากค่าที่ผ่านมาทั้งหมด โดยมีการให้น้ำหนักความสำคัญของข้อมูลแต่ละค่าไม่เท่ากัน การให้น้ำหนักจะให้กับค่าสังเกต ( $Y_t$ ) ที่เกิดล่าสุดมากที่สุด และลดหลั่นลงไปในลักษณะแบบเอกซ์โพเนนเชียลสำหรับค่าสังเกตที่  $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots$  อยู่ห่างออกไป สำหรับน้ำหนักที่ให้ขึ้นอยู่กับค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) โดยจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 การเขียนสมการทำนายแบบปรับให้เรียบ สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 42 และสมการทำนายแบบปรับด้วยความคลาดเคลื่อน สามารถเขียนได้ดังสมการที่ 43 อย่างไรก็ตามการทำนายที่ได้จากสมการทำนายแบบปรับให้เรียบและสมการทำนายแบบปรับด้วยความคลาดเคลื่อนจะไม่ต่างกัน

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t \quad (42)$$

$$\hat{Y}_{t+1} = \hat{Y}_t + \alpha e_t \quad (43)$$

โดยที่  $\hat{Y}_t$  คือค่าทำนายที่เวลา  $t$

$\alpha$  คือค่าปรับให้เรียบ

$Y_t$  คือค่าข้อมูลจริงที่เวลา  $t$

$e_t$  คือค่าความคลาดเคลื่อนที่เวลา  $t$

การกำหนดค่าเริ่มต้นของการทำนาย ( $\hat{Y}_{init}$ ) เพื่อที่จะหาค่าทำนายตัวถัดไป เมื่อกำหนดให้ค่าเริ่มต้นของการทำนาย  $\hat{Y}_{init} = \hat{Y}_1 = Y_1$  และการหาค่าทำนายสำหรับ  $t = 2, 3, \dots$  ทำได้โดยการกำหนดให้ค่าเริ่มต้น  $\hat{Y}_{init} = \bar{Y}$  เมื่อ  $\bar{Y}$  คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด หรือ กำหนดให้ค่าเริ่มต้น  $\hat{Y}_{init} = \hat{Y}_{m+1} = \bar{Y}$  เมื่อ  $\bar{Y}$  คือค่าเฉลี่ยของค่าสังเกต  $m$  ค่าแรก แล้วจะทำให้หาค่าทำนายตัวที่  $t = m + 2, m + 3, m + 4, \dots$  ได้ต่อไป

การกำหนดค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) เมื่อค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่อเนื่องต่ำจะใช้ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) ต่ำ และถ้าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ต่อเนื่องสูงจะใช้ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) สูง โดยค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) ที่เหมาะสมจะให้ค่าผลรวมกำลังสองของค่าความผิดพลาด (sum of squares error) ที่ต่ำที่สุด ซึ่งตัวอย่างของน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกต แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกต

เวลา	น้ำหนัก	$\alpha$			
		0.1	0.3	0.6	0.9
1	$\alpha$	0.1	0.3	0.6	0.9
2	$\alpha(1-\alpha)$	0.09	0.21	0.24	0.09
3	$\alpha(1-\alpha)^2$	0.081	0.147	0.096	0.009
4	$\alpha(1-\alpha)^3$	0.0729	0.1029	0.0384	0.0009
5	$\alpha(1-\alpha)^4$	0.06561	0.07203	0.01536	0.00009
6	$\alpha(1-\alpha)^5$	0.059049	0.050421	0.006144	0.000009
7	$\alpha(1-\alpha)^6$	0.0531441	0.0352947	0.0024576	0.0000009
8	$\alpha(1-\alpha)^7$	0.0478297	0.0247063	0.0009830	0.00000009
9	$\alpha(1-\alpha)^8$	0.0172944	0.0172944	0.0003932	0.000000009

## 5. การตรวจสอบความแม่นยำของการทำนาย

การตรวจสอบความแม่นยำของการทำนาย เป็นการวัดความถูกต้องของการพยากรณ์ว่าใกล้เคียงกับค่าจริงมากหรือน้อย ถ้าค่าจริงต่างจากค่าทำนายมาก ความคลาดเคลื่อนของการทำนายก็จะมีค่าสูง แสดงว่ามีการทำนายนั้นมีความแม่นยำต่ำ ในทางตรงกันข้ามถ้าหากว่าค่าจริงต่างจากค่าทำนายน้อย ความคลาดเคลื่อนของการทำนายก็จะมีค่าต่ำ แสดงว่ามีการทำนายนั้นมีความแม่นยำสูง การวัดความแม่นยำของการทำนาย สามารถพิจารณาค่าที่ใช้วัดความแม่นยำได้ 3 ค่า คือ

1. ค่าเบี่ยงเบนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation : MAD) วัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนายโดยไม่คำนึงถึงทิศทางของความคลาดเคลื่อน ซึ่งจะมีหน่วยเหมือนกับค่าสังเกต คำนวณได้จากสมการที่ 44

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} \quad (44)$$

เมื่อ  $e_i$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าทำนายข้อมูลที่  $i$   
 $n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Squares Error : MSE) วัดจากขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนายที่ได้จากการยกกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน คำนวณได้จากสมการที่ 45 หรือจะใช้รากกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่เรียกว่า RMSE (Root Mean Squares Error) เพราะค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย จะวัดต่อค่าคลาดเคลื่อนที่มีขนาดใหญ่ หรือค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าสูง RMSE คำนวณได้จากสมการที่ 46 ซึ่งหน่วยของ MSE จะมีหน่วยการวัดเป็นกำลังสองของหน่วยวัดของค่าสังเกต และ RMSE จะมีหน่วยเหมือนกับค่าสังเกต

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n e_i^2}{n} \quad (45)$$

$$RMSE = \sqrt{MSE} \quad (46)$$

เมื่อ  $e_i$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าทำนายข้อมูลที่  $i$   
 $n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) วัดค่าความแม่นยำจากความคลาดเคลื่อนของการทำนายเทียบกับค่าข้อมูลจริง โดยไม่คิดเครื่องหมายบวกลบ เหมาะที่จะใช้เปรียบเทียบอนุกรมเวลาหลายชุดที่อาจมีหน่วยการวัดที่แตกต่างกันเมื่อใช้วิธีทำนายเดียวกัน คำนวณได้จากสมการที่ 47

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{e_i}{Y_i} \right| \times 100}{n} \quad (47)$$

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือ งานวิจัยเกี่ยวกับการทำนายคุณภาพการให้บริการ งานวิจัยเกี่ยวกับการทำนายด้วยวิธีการของบอชและเจนกินส์ งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

### 1. งานวิจัยเกี่ยวกับการทำนายคุณภาพการให้บริการ

เอกมนตรี และคณะ (2549) ได้เสนอแบบจำลองการทำนายปริมาณภาระงานที่เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถให้บริการ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ขอบเขตเส้นกำกับ (asymptotic bounds) และพัฒนาแบบจำลองที่สามารถทำนายค่าของภาระงานที่เหมาะสมให้กับ ผู้ให้บริการเพื่อประเมินศักยภาพในการให้บริการของระบบเว็บเซิร์ฟเวอร์ และควบคุมคุณภาพการให้บริการโดยพิจารณาถึงเวลาตอบสนอง และปริมาณงานที่ได้รับ ในการทำนายปริมาณงานของเว็บเซิร์ฟเวอร์ ได้สร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์จากแพลตฟอร์ม J2EE และ .NET และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ขอบเขตเส้นกำกับ (asymptotic bounds) ในการทำนายปริมาณงานที่เหมาะสม ผลที่ได้คือ สามารถคาดการณ์ขอบเขตของปริมาณงานได้อย่างครอบคลุม ทั้งในส่วนของเวลาตอบสนอง และปริมาณงาน การวัดค่าความถูกต้อง ของการทำนาย โดยใช้ผลต่างของค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (MAPE) พบว่า เว็บเซิร์ฟเวอร์ที่สร้างจากแพลตฟอร์ม J2EE มีค่าความถูกต้องของการทำนาย เวลาตอบสนอง และปริมาณงานที่ 99.31% และ 99.96% เว็บเซิร์ฟเวอร์ที่สร้างจากแพลตฟอร์ม .NET มีค่าความถูกต้องของการทำนาย เวลาตอบสนอง และปริมาณงานที่ 95.36% และ 98.92% สามารถสรุปได้ว่า เทคนิคการวิเคราะห์ขอบเขตเส้นกำกับ (asymptotic bounds) สามารถใช้การทำนายคุณภาพการให้บริการจากปริมาณงานได้ยึดหยุ่นกับทุกแพลตฟอร์มของเว็บเซิร์ฟเวอร์

วินัย และคณะ (2550) ได้เสนอ วิธีการค้นหาบริการตามข้อมูลคุณภาพการให้บริการ โดยได้ออกแบบออนโทโลยีของคำสำคัญ (keyword) เพื่อใช้ในการค้นหา และให้ผู้ใช้งานได้เพิ่มเติมข้อมูลคุณภาพการให้บริการ ลงในยูติลิตี้ไอส่วนเพิ่มขยาย ซึ่งข้อมูลคุณภาพการให้บริการที่เพิ่มเติมในยูติลิตี้ไอส่วนเพิ่มขยาย คือ ข้อมูลเวลาตอบสนอง ข้อมูลปริมาณและค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น ในการค้นหาการบริการ ผู้ขอใช้ จะส่งคำสำคัญ (keyword) ข้อมูลคุณภาพการบริการ และค่าน้ำหนักที่ต้องการเพื่อสืบค้นบริการที่ตรงกับความต้องการ ในการค้นหาจะค้นหาตามคำสำคัญ และคุณภาพการให้บริการ

ที่ได้ระบุไว้ นอกจากนี้ยังมีการนำค่าน้ำหนัก ที่ผู้ขอใช้บริการกำหนดมาคำนวณด้วย ในกรณีที่ไม่สามารถสืบค้นบริการตามคำสำคัญและข้อมูลคุณภาพบริการ จะทำการปรับลดเงื่อนไขข้อมูลคุณภาพการให้บริการ แล้วทำการสืบค้นอีกครั้งหนึ่ง จนได้บริการตามความต้องการ

Mu Li *et al.* (2009) ได้นำเสนอการทำนายประสิทธิภาพของเว็บเซอร์วิส เพื่อเลือกใช้เว็บเซอร์วิสเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเซอร์วิสที่ให้บริการ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเซอร์วิสมีผลทำให้คุณภาพการให้บริการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าเซอร์วิสที่เลือกมาใช้แทนจะต้องมีคุณภาพการบริการที่สูงกว่า หรือไม่ด้อยไปกว่าเดิม จึงได้เสนอวิธีเลือกเว็บเซอร์วิสโดยใช้หลักการ GFS (goodness-fit selection algorithm) โดยทำนายคุณภาพการบริการที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มักมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างบ่อย เปรียบเทียบกับ วิธีการ SEMSS (Structural Equation Modeling Services Selection Algorithm) และวัดค่าความแม่นยำ จากอัตราความผิดพลาด ซึ่งเป็นอัตราส่วนของ ค่าคุณภาพการบริการที่ได้จริง กับผลต่างของค่าของคุณภาพการบริการ ผลที่ได้คือวิธีการ GFS มีอัตราความผิดพลาด ต่ำกว่าแสดงว่าให้ความแม่นยำมากกว่า วิธีการ SEMSS

Malak *et al.* (2009) ได้นำเสนอการทำนายและการตรวจสอบระดับของ คุณภาพการให้บริการที่มีความใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับงานวิจัยของ (Vuong *et al.*, 2008) เป็นการกำหนดระดับของความน่าเชื่อถือของเว็บเซอร์วิส โดยทั้งสองงานวิจัยได้นำเอาหลักการของโครงข่ายประสาทเทียม (neural network) ในส่วนของเอสโอเอ็ม (SOM) และฟัซซี่ลอจิก (fuzzy logic) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ระดับของ คุณภาพการให้บริการและ ระดับของความน่าเชื่อถือของเว็บเซอร์วิสที่มีความใกล้เคียงกับที่ได้ระบุไว้ในระบบทะเบียนของคุณภาพการให้บริการ ซึ่งเป็นส่วนที่เพิ่มเข้ามาจากสถาปัตยกรรมโดยทั่วไปของเว็บเซอร์วิส โดยในการค้นหาเว็บเซอร์วิสแต่ละครั้งนอกจากจะต้องให้ตรงกับฟังก์ชันที่ต้องการแล้วยังให้ตรงกับความต้องการทางด้านคุณภาพการให้บริการซึ่งถูกระบุไว้ด้วย โดยมีการนำเอาหลักการของฟัซซี่ลอจิก มาช่วยในการเลือกระดับของ คุณภาพการให้บริการที่มีความคลุมเครือ และมีการคอยปรับปรุงข้อมูลใน ระบบทะเบียนของคุณภาพการให้บริการ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพการให้บริการ คุณภาพการให้บริการที่นำมาวิเคราะห์คือเวลาตอบสนอง

## 2. งานวิจัยเกี่ยวกับการทำนายด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์ (Box and Jenkins)

Contreras *et al.* (2003) ได้นำเสนอการทำนายราคาไฟฟ้าที่จะต้องจ่ายในวันถัดไป ด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์ โดยใช้ข้อมูลของราคาไฟฟ้าในย่านธุรกิจของประเทศสเปน และเมืองแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ข้อมูลจะเป็นชุดข้อมูลของอนุกรมเวลาที่มีการเก็บรวบรวมทุกๆ 1 ชั่วโมง 1 วัน และ 1 สัปดาห์ ข้อมูลที่ได้จะมีลักษณะที่เป็นสเตชันนารี แล้วนำข้อมูลราคาไฟฟ้ามาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงตัวแบบที่จะใช้ และใช้ระบบเอสซีเอ SCA (statistical characteristic analysis) ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ การเก็บรวบรวมข้อมูลใช้เวลา 4 สัปดาห์ แต่ละชั่วโมงจะคำนวณค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการทำนาย และคำนวณค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในแต่ละวัน และสุดท้ายก็คำนวณค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดทั้งสัปดาห์ ซึ่งคิดเป็น 168 ชั่วโมง โดยคำนวณจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของการทำนาย (forecast mean squares error : FMSE)

Razak *et al.* (2009) ได้นำเสนอการทำนายความต้องการปริมาณไฟฟ้าที่สูงสุดในแต่ละวันของประเทศมาเลเซียโดยใช้ตัวแบบ AR(2) (autoregressive model of order 2) ของวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์ เปรียบเทียบกับวิธีการ ANFIS (adaptive neuro-fuzzy inference system) ข้อมูลที่ใช้มีทั้งหมด 400 ตัว แบ่งข้อมูลออกเป็น 370 ตัวเพื่อใช้เป็นข้อมูลการเรียนรู้และ อีก 30 ตัวเป็นข้อมูลทดสอบ ตัวแบบ AR(2) (autoregressive model of order 2) ของวิธีการบ็อกซ์และเจนกินส์ ได้มาจากการเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างตัวแบบ AR(1), MA(1), ARMA(2,4) และ ARMA(2,3) ซึ่งค่าที่ใช้วัดความเหมาะสม คือเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute percentage error : MAPE) ผลจากการทำนายพบว่าวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์ที่ใช้ตัวแบบ AR(2) (autoregressive model of order 2) ให้ค่าความแม่นยำของการทำนายปริมาณไฟฟ้าที่ใช้สูงสุดได้อีก 3 วัน มากกว่าวิธีการ ANFIS

Cha *et al.* (2009) ได้นำเสนอการทำนายปริมาณน้ำใต้ดินด้วย ARMA model และ GM model โดยใช้ข้อมูลจริงจากการตรวจสอบปริมาณน้ำใต้ดิน ของพื้นที่หนึ่ง เพื่อทำนายปริมาณน้ำใต้ดินในอนาคตชุดข้อมูลที่ใช้ใน ARMA model เป็นชุดข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง การวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธีนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลำดับของค่าข้อมูลจริง กับค่าโดยประมาณ ซึ่งขึ้นอยู่กับหลักการทางสถิติ คือขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของข้อมูลจริงในหลายช่วงเวลา เพื่อให้เห็นถึงลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ผ่านมา แล้วนำไปสู่การทำนายการ

เปลี่ยนแปลงในอนาคต ส่วนสำคัญของ GM model คือการรวบรวมข้อมูลต้นฉบับเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความสม่ำเสมอและได้นำเอาการประมาณค่าเส้นโค้งมาใช้ในการทำนาย โดยประมาณค่าพารามิเตอร์ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ความถูกต้องของ ARMA model และ GM model วัดจากค่าความผิดพลาดของการทำนายโดยคำนวณจาก ค่าสัมบูรณ์ของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากการทำนาย กับค่าข้อมูลจริงส่วนด้วยค่าข้อมูลจริง พบว่าวิธีการ ARMA model ให้ค่าความผิดพลาดที่ต่ำกว่าแสดงว่ามีความแม่นยำในการทำนายมากกว่า

Ren *et al.* (2009) ได้นำเสนอการทำนายความต้องการอะไหล่สำรอกในปีถัดไป เพื่อช่วยในระบบการจัดการคลังสินค้า การขนส่งและการวางแผนทางธุรกิจ ข้อมูลอะไหล่ที่ใช้อยู่ระหว่างปี 2000 ถึง 2007 โดยอะไหล่ประกอบไปด้วย นี้อดเกลียว (whorl) วาล์ว (valve) จากการพิจารณาลักษณะความเคลื่อนไหวของข้อมูลพบว่า มีลักษณะของข้อมูลเป็นสเตชันนารี กำหนดตัวแบบจากการพิจารณาค่าความสัมพันธ์ สหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลและสหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลแบบบางส่วน ในการกำหนดตัวแบบ ARMA(1,1) ให้กับข้อมูลชุดนี้ และการทำนาย พบว่า การทำนายปริมาณความต้องการใช้นี้อดเกลียวในปี ให้ค่าสัมบูรณ์ของความผิดพลาดน้อยที่สุด และสอดคล้องกับปริมาณความต้องการในปี 2007 มากที่สุด

### 3. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Curve Fitting by Least Squares Method)

กัญจน์ (2547) ได้นำเสนอวิธีการแยกเสียงสระเสียงสั้นและสระเสียงยาวในภาษาไทย โดยใช้พลังงานเสียงเป็นตัวบ่งชี้ โดยนำเสียงแต่ละเสียงมาคำนวณหาค่าพลังงานของเสียง และนำลักษณะของพลังงานเสียงมาสร้างฟังก์ชันพหุนามอันดับสองเพื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันพหุนามอันดับสองไปใช้ในการแยกเสียงสระเสียงสั้นและเสียงยาว ในการทดลองใช้ข้อมูลเสียงจำนวน 5,040 เสียง โดยที่นำมาใช้ในการรู้จำ มี 2 แบบตามลักษณะการรับรู้เสียงคือ การรู้จำจากการพิจารณาทั้งหน่วยภาษาที่เปล่งเสียงออกมาทั้งหมด แบ่งย่อยออกเป็นการรู้จำเชิงคำพูดเดียว และการรู้จำคำพูดเชิงต่อเนื่อง และการพิจารณาโดยการแยกแยะรายละเอียดของหน่วยเสียง ในการหาค่าพลังงานของเสียงจะต้องการปรับบรรทัดฐานทางแอมพลิจูดของเสียง แล้วนำมาสร้างฟังก์ชันพหุนามอันดับสองของพลังงานเสียง ซึ่งจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันแล้วจึงนำค่าสัมประสิทธิ์ตัวที่ 2 ของฟังก์ชันมาใช้ในการแยกสระเสียงสั้นและเสียงยาว ซึ่งวิธีการในการหาพลังงานเสียง ประกอบไปด้วย พลังงานสัมบูรณ์ (absolute energy) พลังงานเฉลี่ย (root mean squares energy) พลังงาน

กำลังสอง (squares energy) และพลังงานของ teager (teager energy) จากการเปรียบเทียบ พลังงานเสียงทั้ง 4 แบบพบว่า พลังงานกำลังสอง (squares energy) สามารถแยกสระเสียงสั้น เสียงยาวได้ชัดเจนที่สุด

พิรพัฒน์ (2548) ได้นำเสนอการรู้จำเสียงสระซึ่งใช้ข้อมูลสัญญาณเสียงมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การปรับช่วงเส้นโค้ง (fit curve) แบบพหุนามอันดับสามบนฟังก์ชันพลังงานเสียง แล้วใช้วิธีการเคเอ็นเอ็น (k-nearest neighbor : KNN) เป็นการหาสมาชิกของเวกเตอร์ที่ระยะห่างใกล้กันที่สุด เพื่อแยกเสียงสระเสียงสั้นและสระเสียงยาว จากนั้นนำมาหาค่าสเปกตรัมแอลพีซี เป็นการย่อข้อมูลสัญญาณเสียง ด้วยการให้ผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด แล้วแปลงให้อยู่ในสเกลบาร์ค แล้วนำค่าสเกลบาร์คมาคำนวณหาค่าความเข้มในสัญญาณแต่ละความถี่วิกฤตซึ่งเป็นการวัดความถี่ที่มีสัญญาณเสียงรบกวนมาบังคับสัญญาณเสียงทดสอบ เพื่อในไปใช้ในการอ้างอิงแบบรู้จำเสียงสระเดี่ยวเสียงสั้นและสระเดี่ยวเสียงยาว แล้วนำเสียงทดสอบมาทดสอบกับแบบจำลอง โดยใช้กฎการตัดสินใจอย่างง่ายในการบ่งชี้สระแต่ละเสียง ซึ่งสเกลบาร์ค ซึ่งเป็นสเกลอ้างอิงจากหลักความจริงของการรับฟังเสียงของมนุษย์ จะแบ่งเสียงออกเป็นส่วนต่างๆตามแถบความถี่ ผลการทดลองพบว่าวิธีการเคเอ็นเอ็น (k-nearest neighbor : KNN) เมื่อ K=5 สามารถแยกสระเสียงสั้นและสระเดี่ยวเสียงยาวได้ดีที่สุด

Zhenpeng *et al.* (2009) ได้เสนอคุณภาพการให้บริการโดยนำข้อมูลของการจัดลำดับชื่อเสียง มาใช้ทำนาย โดยวิธี ประมาณค่าเส้นโค้งโดยใช้ฟังก์ชันพหุนามกำลังสาม และใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด เพื่อให้ผลรวมของความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด สาเหตุที่ต้องใช้วิธีการดังกล่าว เนื่องจาก การจัดลำดับชื่อเสียงเพื่อใช้ในการอ้างอิง คุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิส จากเดิมถือว่า เว็บเซอร์วิสใดที่มีระดับชื่อเสียงมากกว่า 0.5 ถือว่ามีคุณภาพการให้บริการซึ่งระดับชื่อเสียงมีค่าตั้งแต่ 0-1 โดยชื่อเสียงได้จากการวัดผลตอบรับจากผู้ใช้งาน ซึ่งไม่สามารถให้ความแม่นยำในการทำนายคุณภาพการให้บริการได้ใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งซึ่งเป็นการหาเส้นโค้งจากฟังก์ชันพหุนามอันดับสาม มาเป็นตัวแทนของชุดข้อมูลชื่อเสียง ซึ่งเส้นโค้งที่จะใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลนั้น จะต้องพยายามให้มีความแตกต่างหรือมีความคลาดเคลื่อนไปจากข้อมูลจริงให้น้อยที่สุด จึงได้ใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุดเพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันพหุนามอันดับสาม ให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด เพื่อทำนายคุณภาพการให้บริการ โดยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งและอันดับสองของฟังก์ชัน ถ้าอนุพันธ์อันดับหนึ่งและอันดับสองมีค่ามากกว่าศูนย์ถือว่า คุณภาพการให้บริการมีความน่าเชื่อถือและถ้าหาอนุพันธ์อันดับหนึ่งและอันดับสองมีค่าน้อยกว่าศูนย์ ถือว่า

คุณภาพการให้บริการไม่มีความน่าเชื่อถือ และการหาว่าค่าที่ทำนายมีค่าของคุณภาพการให้บริการสูงสุด หรือต่ำสุดโดยจะมีค่าสูงสุด เมื่ออนุพันธ์อันดับหนึ่งมีค่าเป็นศูนย์และอนุพันธ์อันดับสองมีค่าน้อยกว่าศูนย์และมีค่าต่ำสุดเมื่ออนุพันธ์อันดับหนึ่งมีค่าเป็นศูนย์และอนุพันธ์อันดับสองมีค่ามากกว่าศูนย์ และหาความแตกต่างระหว่างจุด 2 จุด ได้จากค่าสัมบูรณ์ของจุดสองจุดที่ต่ำที่สุดและสูงที่สุดของ เส้นโค้งที่เป็นตัวแทนของข้อมูล

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย (Single Exponential Smoothing)

พิพัฒน์ (2550) ได้นำเสนอการทำนายความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของผู้ใช้ไฟฟ้า 7 ประเภท คือบ้านพักอาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ กิจการเฉพาะอย่าง ส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหาผลกำไร และไฟถนน ซึ่งข้อมูลที่ใช้เป็นอนุกรมเวลา รายเดือนและรายไตรมาส ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี 2543 ถึงเดือนกรกฎาคม ปี 2550 เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับข้อมูลแต่ละประเภท ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการทำนายเป็นวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย และวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ โดยจะพิจารณาเลือกวิธีการที่ให้ความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด พบว่าผู้ใช้ไฟฟ้าทั้ง 7 ประเภท เหมาะสมกับวิธีการทำนายที่แตกต่างกัน สำหรับข้อมูลที่มีลักษณะคงที่จะเหมาะสมกับวิธีการเอกซ์โพเนนเชียลสมูทติง ส่วนด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ จะสามารถใช้กับลักษณะข้อมูลที่มีความหลากหลายมากกว่า

สุวิมล (2553) นำเสนอการทำนายราคาในระยะสั้นของยางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลราคาแบบรายวันและรายสัปดาห์ของสัญญาส่งมอบเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม 2550 และมกราคม 2551 ด้วยวิธีโฮลท-วินเทอร์แบบ ไม่มีฤดูกาล (Holt-Winters no seasonal) และวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย และทำการเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลโดยพิจารณาจากสถิติความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ที่มีค่าต่ำที่สุด ได้แก่อารากกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย จากการพยากรณ์ราคาสัญญาล่วงหน้ายางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย พบว่า การวิเคราะห์โดยวิธีโฮลท-วินเทอร์ ให้ค่าความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ต่ำกว่าวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ทั้งกรณีที่ใช้ข้อมูลรายวันและรายสัปดาห์ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองจากการพยากรณ์ด้วยวิธีโฮลท-วินเทอร์มีความเหมาะสมกับข้อมูลชุดนี้มากกว่า

Cadenas *et al.* (2009) ได้วิเคราะห์และทำนายความเร็วลมในเมือง Chetumal ประเทศเม็กซิโกใช้ข้อมูลในปี 2004-2005 โดยข้อมูลความเร็วลมและทิศทางลมที่นำมาใช้ นำมาจากเครื่องวัดกระแสลม ที่มีการวัดทุกๆ 10 นาที และนำมาทำนายความเร็วลมและทิศทางลมโดยวิธีการทำให้เรียบแบบเอกซโปเนนเชียลอย่างง่าย และโครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural network) วัดความแม่นยำของการทำนายจากค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองสัมบูรณ์เฉลี่ย ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ค่า เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย พบว่าเมื่อกำหนดให้  $\alpha = 0.9$  วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซโปเนนเชียลอย่างง่าย ให้ความแม่นยำที่สูงกว่าวิธีการโครงข่ายประสาทเทียม

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ใช้งานในฝั่งของเครื่องแม่ข่ายประกอบไปด้วย
  - เซิร์ฟเวอร์ HP NetServer LH 3000 U3 ใช้เป็นเซิร์ฟเวอร์ของเว็บเซอร์วิส
  - ระบบปฏิบัติการ Linux Ubuntu 9.04
  - Apache 2.2.8 ใช้เป็นซอฟต์แวร์สำหรับให้บริการเซิร์ฟเวอร์
  - PHP 5.2.6 ใช้เป็นภาษาที่ใช้ในการเขียนเว็บเซอร์วิส
  - MySQL 5.0.51b ใช้ในการจัดการฐานข้อมูลของเว็บเซอร์วิส
  - phpMyAdmin-2.10.3 ใช้ในการติดต่อฐานข้อมูล HMySQLH ผ่านเว็บเบราว์เซอร์
  - Eclipse v.5.2 ใช้ในการพัฒนาสคริปต์ของเว็บเซอร์วิส
  - SPSS Trial version ใช้ช่วยในการคำนวณทางสถิติ
2. ซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ที่ใช้งานในฝั่งของเครื่องลูกข่ายประกอบไปด้วย
  - ระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP
  - Microsoft Application Center Test (MS ACT) ใช้สำหรับการสร้างสคริปต์และเรียกใช้เว็บเซอร์วิสแบบอัตโนมัติ

### วิธีการ

งานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลปริมาณงาน (throughput) และเวลาตอบสนอง (response time) ซึ่งแหล่งที่มาของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง ประกอบไปด้วย 2 แหล่งข้อมูลได้แก่

1. ข้อมูลจาก WS-DREAM (Distributed REliability Assessment Mechanism for Web Services) เป็นข้อมูลเวลาตอบสนองที่เกิดจากการใช้งานจริง โดยได้รวบรวมจากเครื่องลูกข่ายจำนวน 150 IP Address ที่กระจายอยู่ทั่วโลก และจำนวนเว็บเซอร์วิสจำนวน 100 เว็บเซอร์วิส ซึ่ง

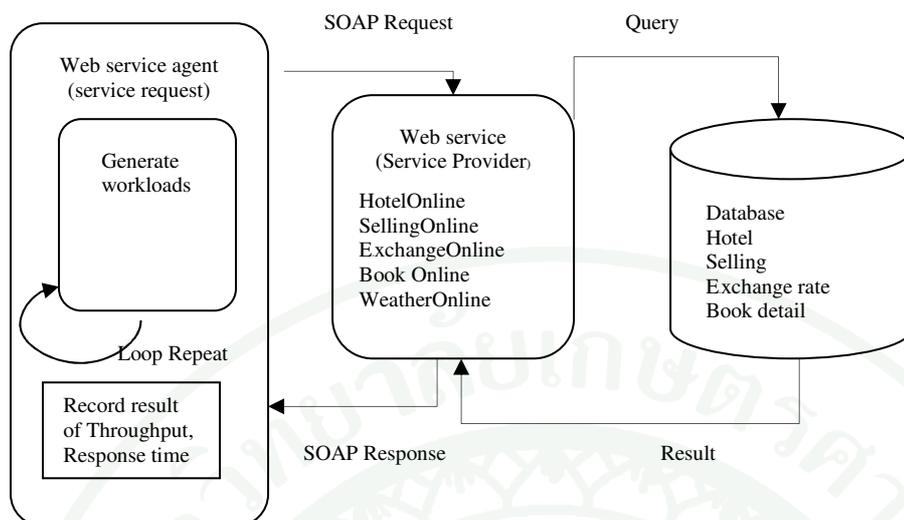
ในงานวิจัยนี้ได้เลือกนำข้อมูลของ เวลาตอบสนองที่ได้จากเว็บเซอร์วิส 5 เว็บเซอร์วิส ที่มี รายละเอียด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เว็บเซอร์วิสที่ใช้ทดลองจาก WS-DREAM

WS ID	Web service name	Provider Name	Location
1	WSInvokerService	dyndns.org	France
2	CaptchaAudio	dyndns.org	Japan
1527	getColiCardIDs_by_Co.	ualberta.ca	Canada
1580	getColiCardIDs_by_bl...	byjg.com.br	Canada
18583	PingService	216.33.67.161	United States

2. ข้อมูลจากการจำลองการทำงานของเว็บเซอร์วิสที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดของ อนุกรมเวลา ที่ได้จากการรวบรวม ข้อมูลปริมาณงาน (throughput) และเวลาตอบสนอง (response time) โดยได้พัฒนาเว็บเซอร์วิส การจองโรงแรมออนไลน์ (HotelOnline) การขายสินค้าออนไลน์ (SellingOnline) การตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ (ExchangeOnline) การตรวจสอบ สภาพอากาศออนไลน์ (WeatherOnline) และการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ (BookOnline) ในการพัฒนาเว็บเซอร์วิสเหล่านี้ ได้พัฒนาให้ใกล้เคียงกับ เว็บเซอร์วิสที่มีการใช้งานจริงมากที่สุด

สำหรับการพัฒนาโปรแกรม เพื่อจำลองการทำงาน ในส่วนของผู้ใช้บริการเว็บเซอร์วิส จะ ส่ง SOAP request เข้าไปที่ เว็บเซอร์วิส โดยจะจำลองการเชื่อมต่อ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ การทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลจะทำภายในเครือข่ายของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ได้ แบ่งช่วงเวลาในการรวบรวมข้อมูลออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ เวลาประมาณ 8.30-12.00น. เวลา ประมาณ 12.00-16.30น. และช่วงเวลาประมาณ 16.00-22.00 น. ซึ่งแต่ละช่วงเวลาจะส่ง SOAP request ครั้งละ 10 นาที จำนวน 20 ครั้ง

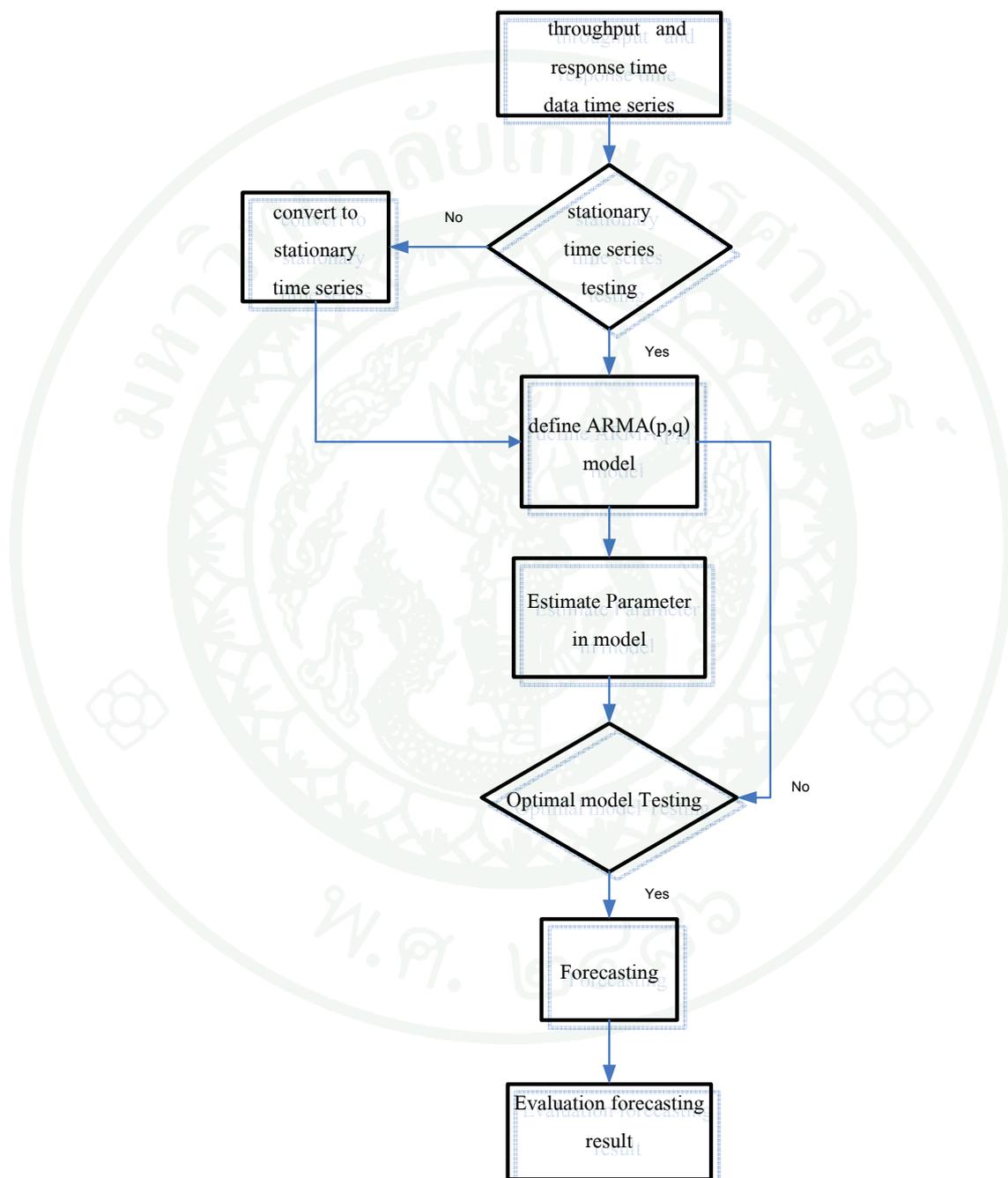


ภาพที่ 15 การรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการทดลอง

วิธีการทดลองการดำเนินงานโดยใช้วิธีการของบอซซ์และเจนกินส์ มีขั้นตอนดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้คือข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณงาน และข้อมูลอนุกรมเวลาของเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสที่จำลองขึ้น และข้อมูลอนุกรมเวลาของเวลาตอบสนอง ที่ได้จาก WS-DREAM Dataset
2. ทดสอบความเป็นสเตชันนารี จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และการพล็อตกราฟ จะทำการแบ่งข้อมูลอนุกรมเวลาของแต่ละเว็บเซอร์วิส ออกเป็น 6 ชุด (HseriesH) โดยแต่ละชุดประกอบด้วยจำนวนข้อมูลเท่าๆกัน กรณีที่ข้อมูลไม่เป็นสเตชันนารีจะทำการแปลงให้เป็นสเตชันนารีโดยหาผลต่างฤดูกาลและหาผลต่าง ซึ่งการหาผลต่างจะเป็นการแปลงอนุกรมเวลาจากที่มีแนวโน้มเป็นอนุกรมเวลาที่ไม่แนวโน้ม
3. กำหนดตัวแบบ ARMA( $p, q$ ) ให้กับข้อมูล โดยการเปรียบเทียบจากคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองที่ได้จากข้อมูล ( $r_k$ ) กับคอเรลโรแกรมค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวแบบ ( $\rho_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนที่ได้จากข้อมูล ( $r_{kk}$ ) เทียบกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของตัวแบบ ( $\rho_{kk}$ )
4. ประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ ARMA( $p, q$ ) ที่ได้จากข้อ 3
5. ทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบ ด้วยตัวสถิติ Box and Liung กรณีที่พบว่าตัวแบบไม่เหมาะสมจะทำกลับไปขั้นตอนที่ 3 คือการกำหนดตัวแบบอีกครั้ง

6. ทำนายค่าปริมาณงานและเวลาตอบสนอง ในอนาคต จากตัวแบบ ARMA( $p, q$ )
7. ทดสอบความแม่นยำของการทำนายจากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย



ภาพที่ 16 วิธีการของบอซซ์และเจนกินส์

## ผลและวิจารณ์

### ผล

ผลการทำนายปริมาณงาน (throughput) และเวลาตอบสนอง (response time) ของเว็บเซอร์วิสจำลอง และ WS\_DREAM dataset ได้ผลการทำนายดังต่อไปนี้

#### 1. ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง

1.1 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองด้วยวิธีบอกซ์และเงินกินส์ ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณงาน ที่ได้จากการจำลองการทำงานของเว็บเซอร์วิสและนำมาทำนายด้วยวิธีบอกซ์และเงินกินส์ได้ผลการทดลองดังนี้

1.1.1 การทดสอบความเป็นสเตชันนารีของข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของข้อมูลปริมาณงานให้ผล ดังตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ส่วนความแปรปรวนของข้อมูลปริมาณงานให้ผล ดังตารางที่ 6 และ 7

**ตารางที่ 4** ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

series	Web service name				
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	ExchangeOnline	WeatherOnline
series 1	8.994	16.605	5.338	23.906	25.750
series 2	8.977	16.749	4.574	20.164	25.128
series 3	9.049	16.74	6.146	21.71	25.732
series 4	8.700	16.815	5.178	22.148	25.726
series 5	8.948	16.691	5.752	22.256	25.76
series 6	8.926	16.577	4.665	22.056	25.742

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

series	Web service name				
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	ExchangeOnline	WeatherOnline
series 1	18.117	27.736	18.668	36.032	53.842
series 2	17.801	28.249	18.668	35.876	53.842
series 3	18.124	28.201	18.556	35.994	54.032
series 4	15.501	27.553	18.662	34.648	53.958
series 5	15.151	27.845	18.676	36.37	54.056
series 6	15.267	27.855	18.664	34.814	53.704

จากตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยในส่วนของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ และตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยในส่วนของปริมาณงาน ของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ไม่แตกต่างกันมากนักหรืออาจกล่าวได้ว่า ค่าเฉลี่ย คงที่สำหรับทุกๆค่าของเวลา ( $t$ )

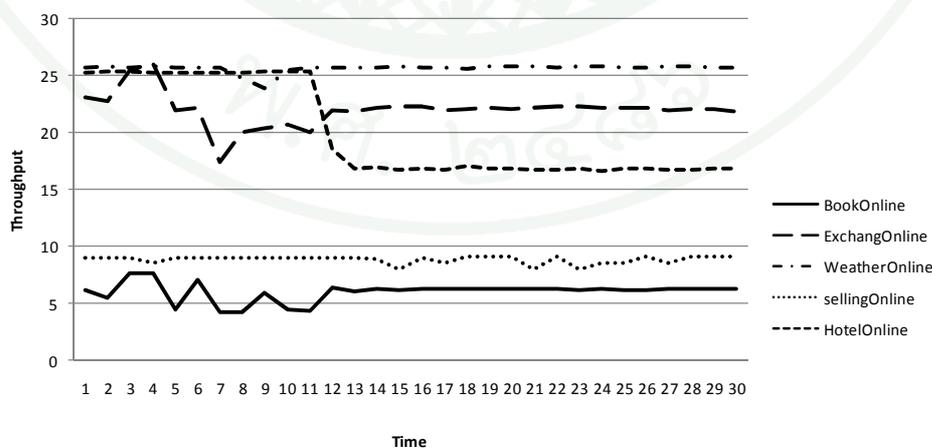
ตารางที่ 6 ความแปรปรวนของปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

series	Web service name				
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	ExchangeOnline	WeatherOnline
series 1	0.002	0.021	1.9891	3.2037	0.0003
series 2	0.020	0.046	0.5644	3.0898	0.5987
series 3	0.004	0.023	0.0129	0.8611	0.0006
series 4	0.149	0.088	0.0010	0.0103	0.0032
series 5	0.027	0.021	0.0001	0.0029	0.0013
series 6	0.092	0.026	0.0001	0.0088	0.0028

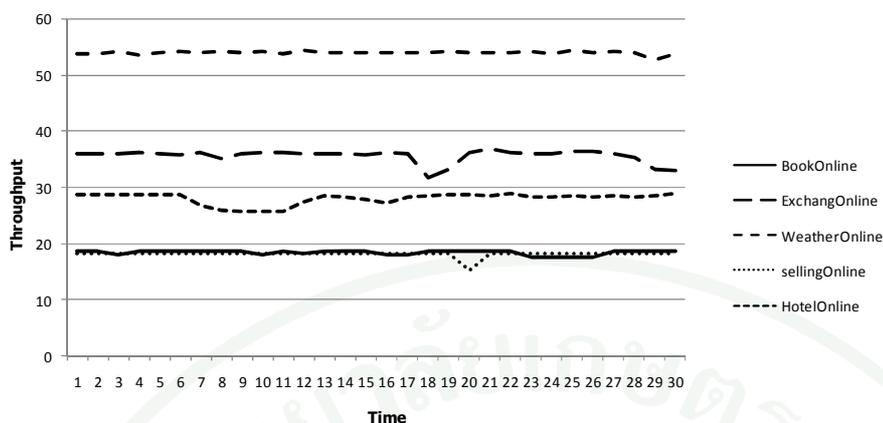
ตารางที่ 7 ความแปรปรวนของปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง แต่ละเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

series	Web service name				
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	ExchangeOnline	WeatherOnline
series 1	0.003	0.372	0.00022	0.00732	0.02832
series 2	0.283	0.117	0.00012	0.24593	0.00992
series 3	0.002	0.322	0.05173	0.02098	0.05017
series 4	0.285	0.421	0.00007	4.66537	0.01092
series 5	0.040	0.280	0.00013	0.11265	0.03678
series 6	0.065	0.268	0.00008	2.51528	0.35748

จากตารางที่ 6 ความแปรปรวนในส่วนย่อย ของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ และตารางที่ 7 ความแปรปรวนในส่วนย่อย ของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อจะเห็นได้ว่ามีความแปรปรวนไม่มากนักหรืออาจกล่าวได้ว่า ค่าความแปรปรวน คงที่ สำหรับทุกๆค่าของเวลา ( $t$ ) ซึ่งความแปรปรวนหาได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละส่วนย่อย ส่วนการทดสอบความเป็นสเตรชันนารี ของข้อมูลปริมาณงาน วิเคราะห์ความเคลื่อนไหวจากการพล็อตกราฟที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อได้ผลดังภาพที่ 17 และที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ได้ผลดังภาพที่ 18



ภาพที่ 17 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 18 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลปริมาณงานจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

พิจารณาภาพ ที่ 17 และ 18 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟของอนุกรมเวลาของข้อมูลปริมาณงาน ของเว็บเซอร์วิสที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อและที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ จะเห็นได้ว่าการเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างคงที่ไม่มีแนวโน้ม หรือไม่เป็นไปตามฤดูกาล แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะเป็น สเตชันนารี

1.1.2 การกำหนดตัวแบบให้กับข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง จากขั้นตอนของการวิเคราะห์ลักษณะความเป็นสเตชันนารี ของข้อมูลปริมาณงานทำให้ทราบว่าลักษณะของข้อมูลที่น่ามาทดลองมีความเป็นสเตชันนารีสามารถนำมาใช้ในการทำนาย ตัวแบบ ARMA( $p, q$ )

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ (HotelOnline) ที่จำนวนการเชื่อมต่อ 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 19 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 20

Auto- Stand.

Lag Corr. Err. -1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1 Box-Ljung Prob.

Lag	Corr.	Err.	Box-Ljung Prob.
1	.913	.174	27.586 .000
2	.801	.171	49.598 .000
3	.689	.168	66.477 .000
4	.576	.165	78.737 .000
5	.465	.161	87.032 .000
6	.354	.158	92.054 .000
7	.245	.155	94.559 .000
8	.135	.151	95.351 .000
9	.022	.148	95.373 .000
10	-.092	.144	95.776 .000
11	-.203	.141	97.862 .000
12	-.243	.137	101.000 .000
13	-.265	.133	104.959 .000
14	-.286	.129	109.860 .000
15	-.305	.125	115.822 .000
16	-.327	.121	123.157 .000

ภาพที่ 19 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์  
ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

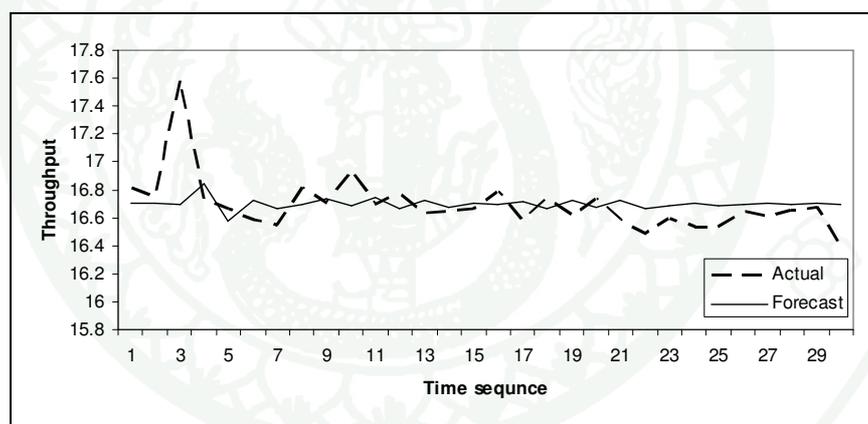
Pr-Aut- Stand.

Lag Corr. Err. -1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1

Lag	Corr.	Err.	Box-Ljung Prob.
1	.913	.183	*****
2	-.193	.183	****
3	-.047	.183	*
4	-.072	.183	*
5	-.063	.183	*
6	-.072	.183	*
7	-.076	.183	**
8	-.095	.183	**
9	-.112	.183	**
10	-.114	.183	**
11	-.109	.183	**
12	.337	.183	*****
13	-.082	.183	**
14	-.067	.183	*
15	-.068	.183	*
16	-.092	.183	**

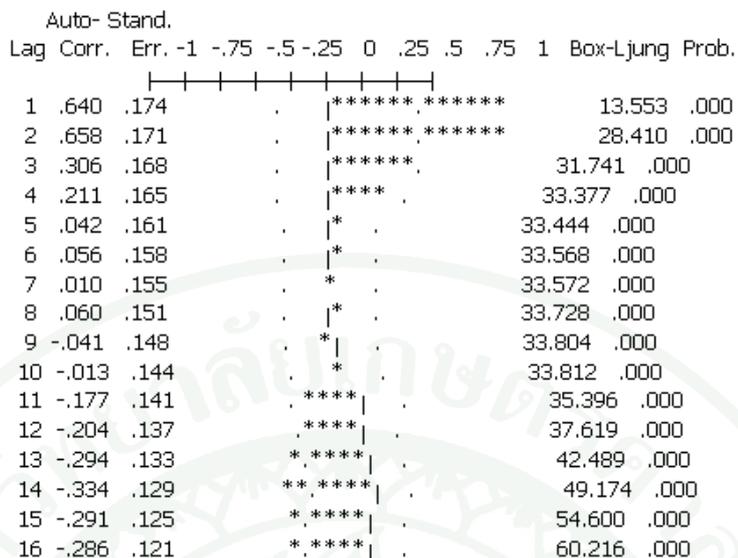
ภาพที่ 20 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์  
ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

พิจารณาภาพที่ 19 และ 20 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆแล้วจะเห็นว่า  $r_k$  ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า  $r_{11}$  มีค่อนข้างสูงมาก และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ AR(1) มากที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ AR(1) มีดังนี้  $\delta = 20.58$ ,  $\phi_1 = 0.95$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 17.612 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ AR(1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์ แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 21

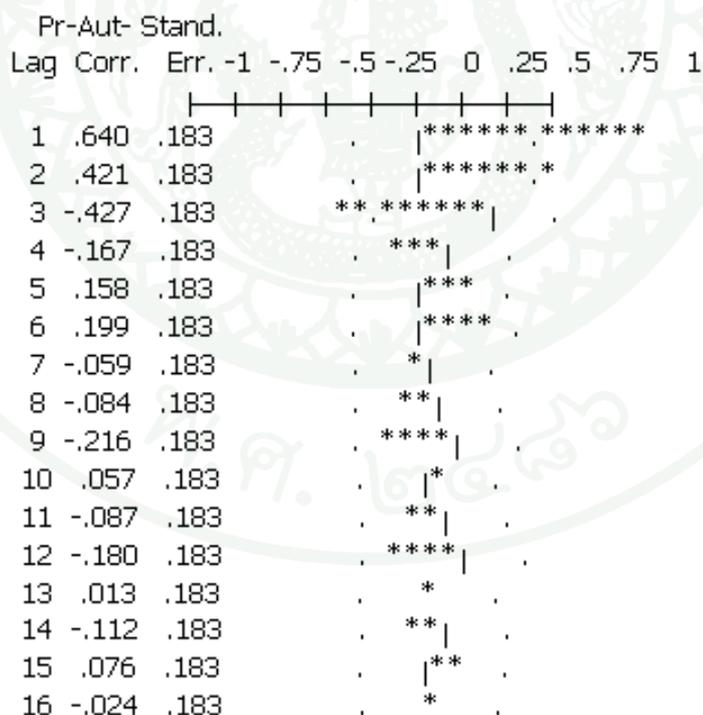


ภาพที่ 21 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อด้วยวิธีของบอซซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ (SellingOnline) ที่จำนวนการเชื่อมต่อ 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 22 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 23

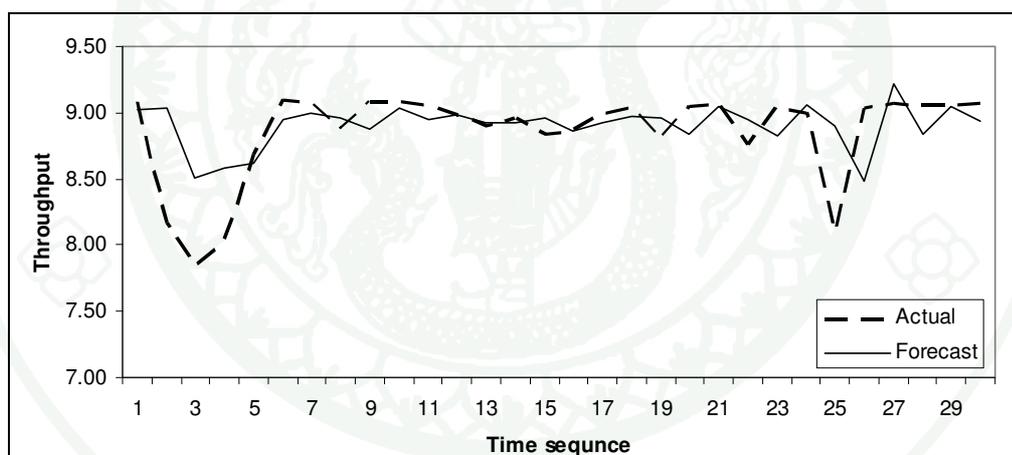


ภาพที่ 22 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



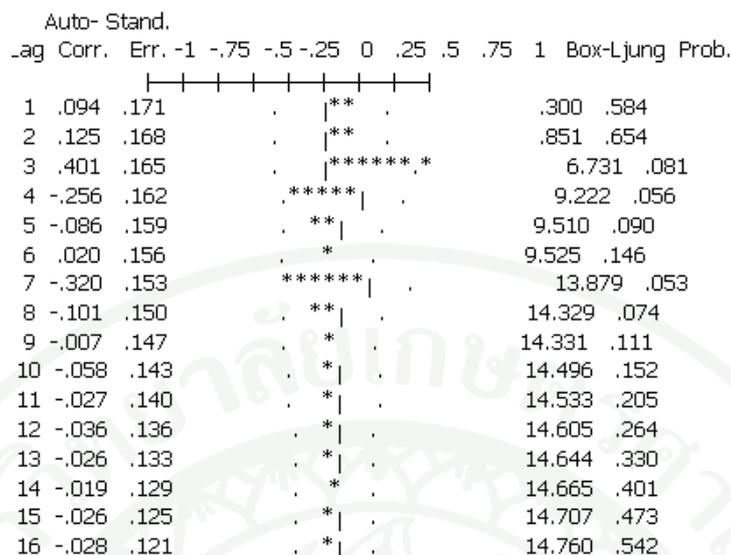
ภาพที่ 23 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 22 และ 23 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ แล้วจะเห็นว่าค่า  $r_1$ ,  $r_2$  และ  $r_{11}$ ,  $r_{22}$  มีค่าค่อนข้างสูงและลดลง เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA(2) มากที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ MA(2) มีดังนี้  $\mu = 9$ ,  $\theta_1 = -0.25$ ,  $\theta_2 = -0.73$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ โดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 3.24 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,13} = 22.36$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ MA(2) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 24

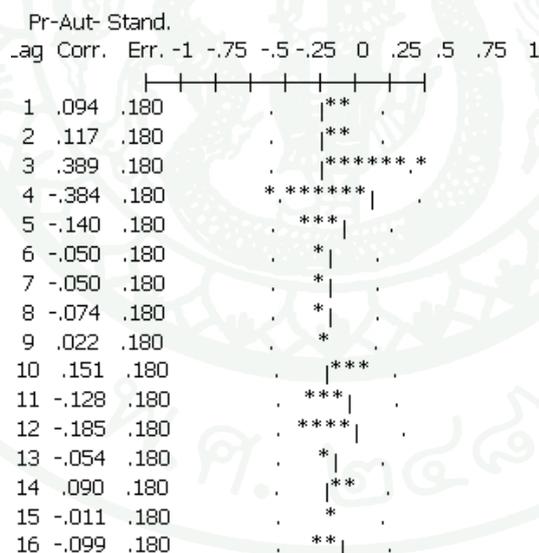


ภาพที่ 24 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ (BookOnline) ที่จำนวนการเชื่อมต่อ 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 25 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 26



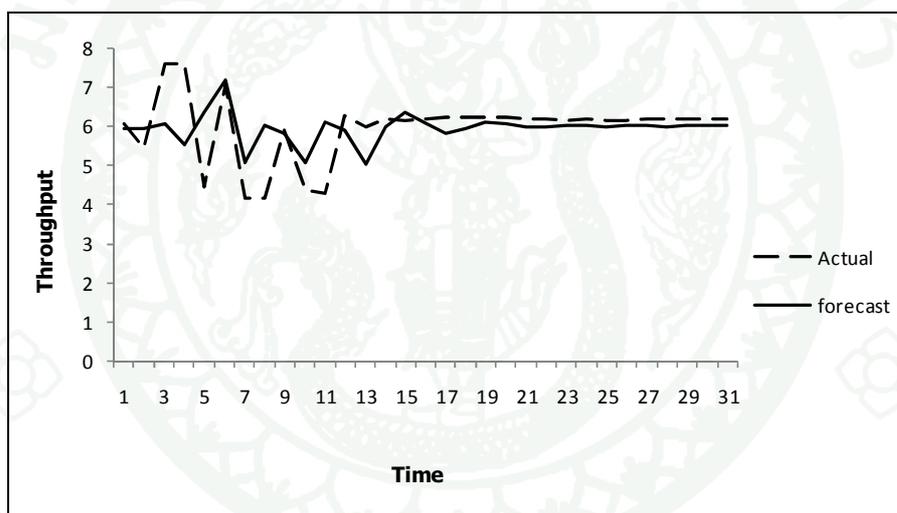
ภาพที่ 25 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 26 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

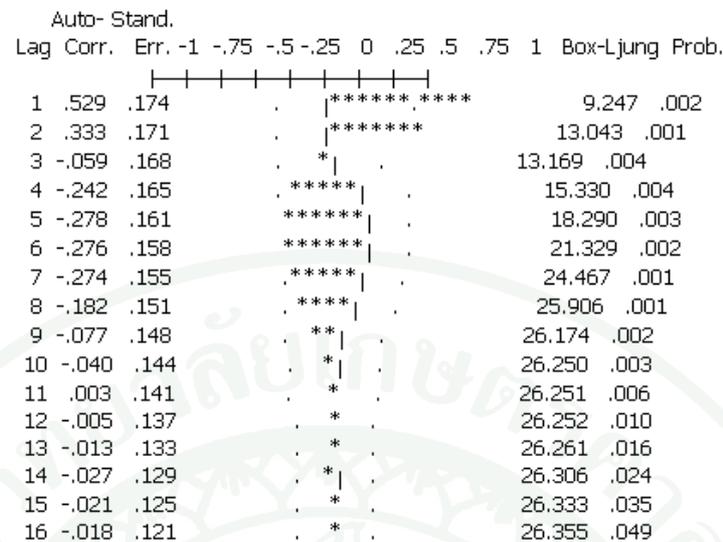
เมื่อพิจารณาภาพที่ 25 และ 26 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการ

ตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ แล้วจะเห็นว่าค่า  $r_1, r_2$  และ  $r_{11}, r_{22}$  มีค่าค่อนข้างสูงและลดลงเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA(2) มากที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ MA(2) มีดังนี้  $\mu = 5.93$ ,  $\theta_1 = 0.15$ ,  $\theta_2 = -0.47$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 13 คือ 11.88 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,13} = 22.36$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ MA(2) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 27

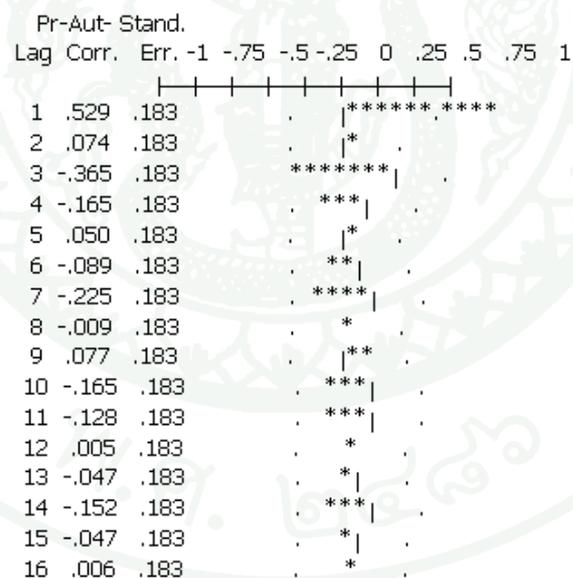


ภาพที่ 27 ผลการทำนายปริมาณงานเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีของบ็อกซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ (EHxchangeOnlineH) ที่จำนวนการเชื่อมต่อ 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 28 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 29



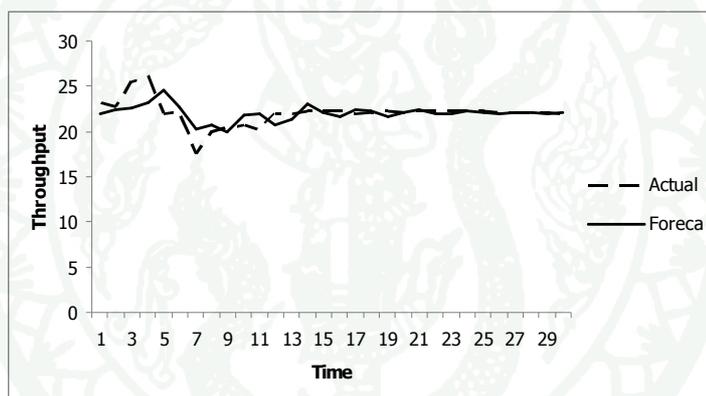
ภาพที่ 28 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 29 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

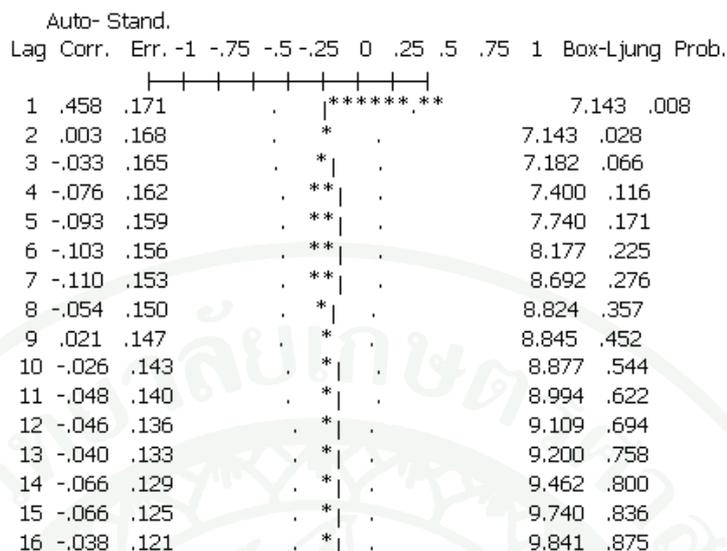
เมื่อพิจารณาภาพที่ 28 และ 29 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการ

ตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่าค่า  $r_1$   $r_2$  และ  $r_{11}$  มีค่าค่อนข้างสูงและลดลงเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA(2) มากที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ MA(2) มีดังนี้  $\mu = 22.025$   $\theta_1 = -0.37$ ,  $\theta_2 = -0.64$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 13 คือ 5.54 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,13} = 22.36$  แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ MA(2) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 30

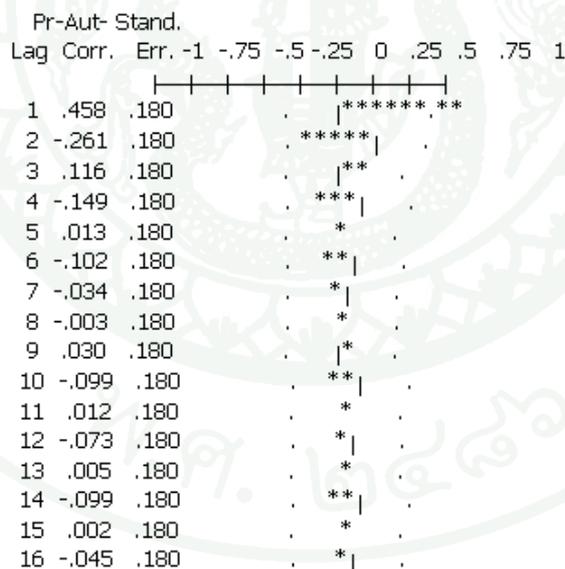


ภาพที่ 30 ผลการทำนายปริมาณงานเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อด้วยวิธีของบอซซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ (WeatherOnline) ที่จำนวนการเชื่อมต่อ 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 31 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 32



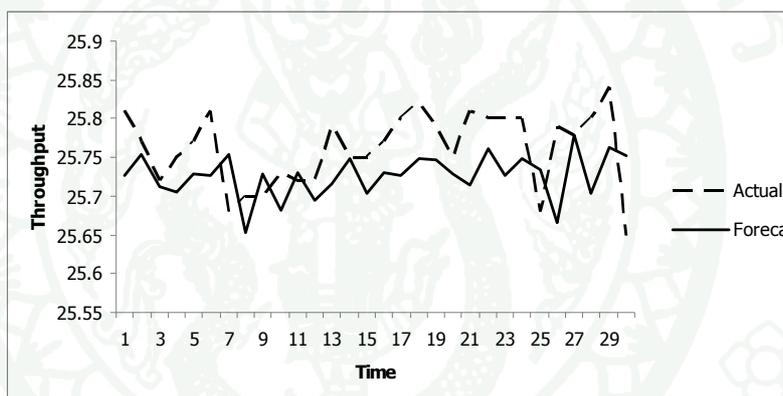
ภาพที่ 31 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 32 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเว็บเซอร์วิสปริมาณงานของวิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

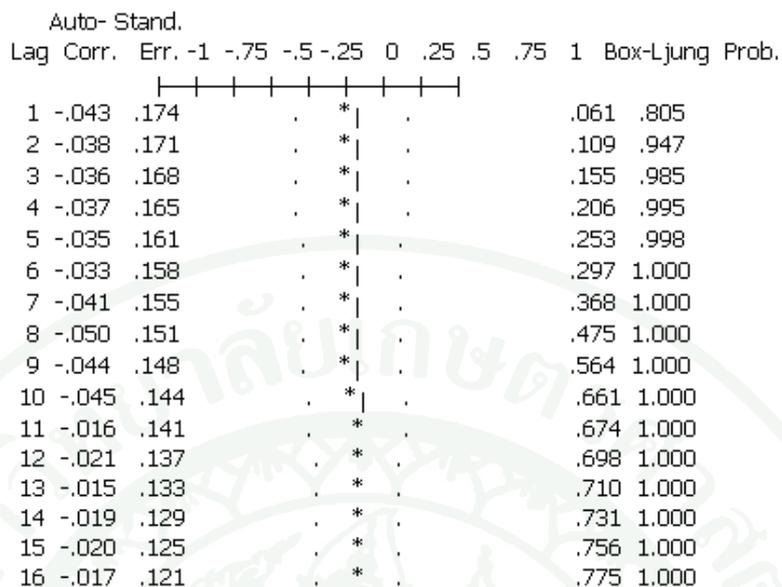
เมื่อพิจารณาภาพที่ 31 และ 32 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการ

ตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่าค่า  $r_1$   $r_2$  และ  $r_{11}$  มีค่าค่อนข้างสูงและลดลง เข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA(2) มากที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ MA(2) มีดังนี้  $\mu = 25.64$   $\theta_1 = -0.617$ ,  $\theta_2 = -0.0013$  เมื่อ ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อนลำดับที่ 13 คือ 1.39 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,13} = 22.36$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ MA(2) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์ แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 33

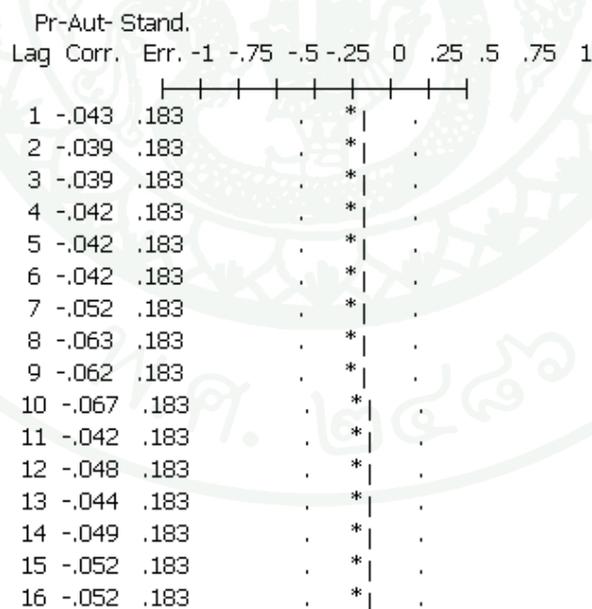


ภาพที่ 33 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อด้วยวิธีของบอซซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ (SellingOnline) ที่จำนวนการเชื่อมต่อ 5 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 34 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 35

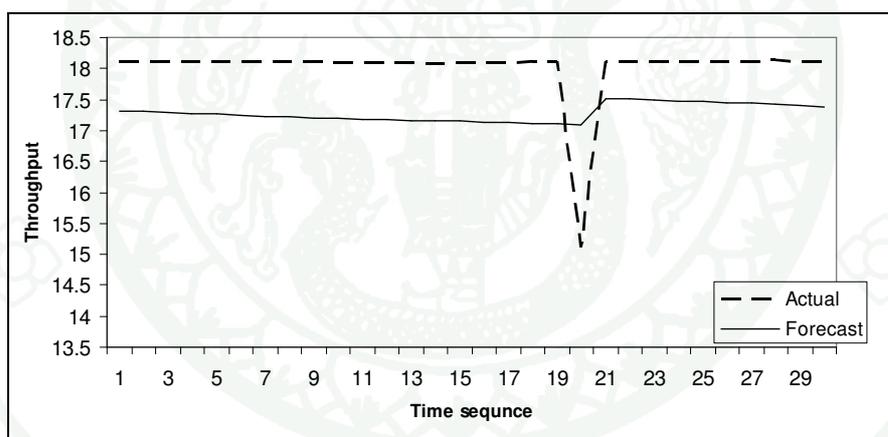


ภาพที่ 34 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ



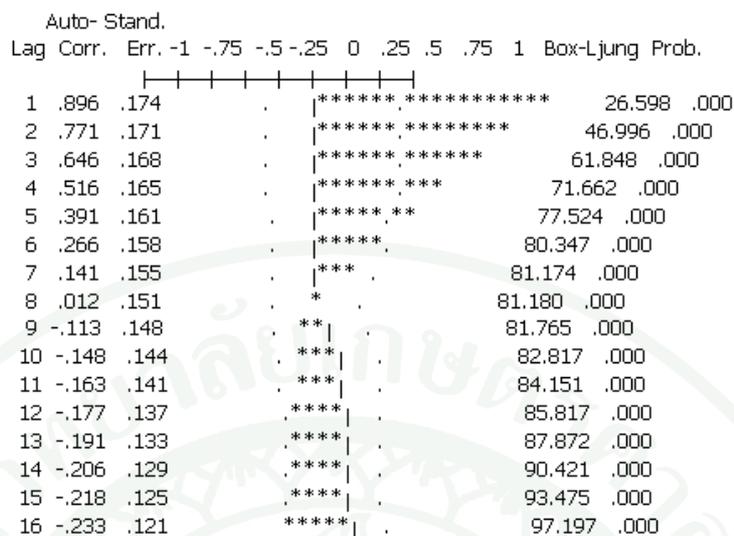
ภาพที่ 35 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 34 และ 35 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่าค่า  $r_k$  และ  $r_{kk}$  ค่าเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ ARMA(1,1) มากที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ ARMA(1,1) มีดังนี้  $\delta = 18$ ,  $\phi_1 = 0.85$ ,  $\theta_1 = 0.997$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้ตัวสถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 13 คือ 1.018 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,13} = 22.36$  แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันหรือ ตัวแบบ ARMA(1,1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 36

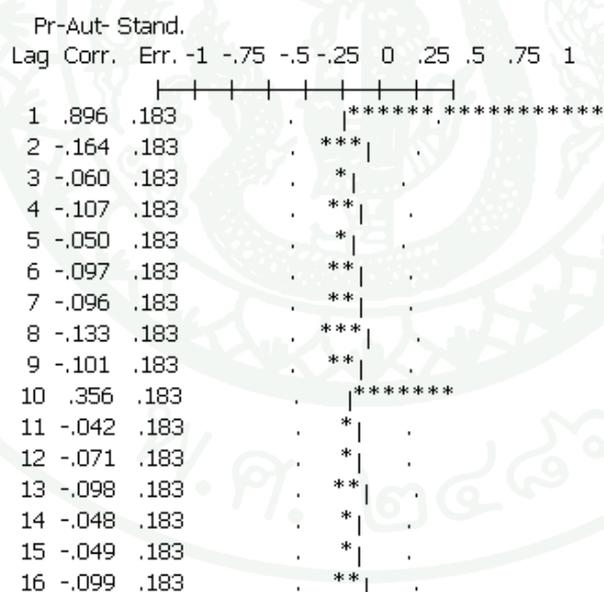


ภาพที่ 36 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ (HotelOnline) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 37 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 38

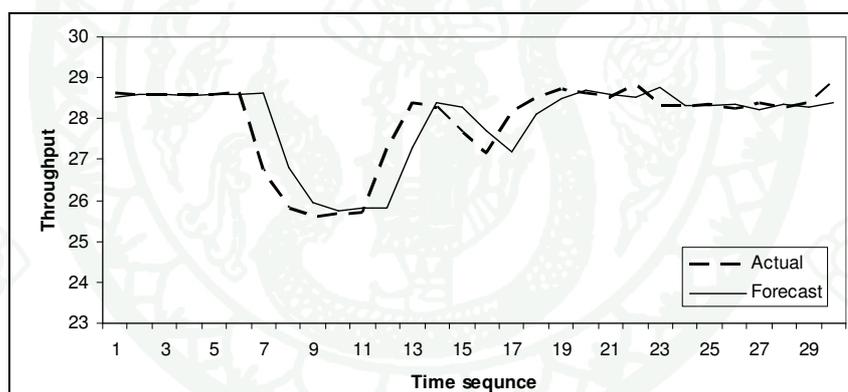


ภาพที่ 37 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของ เว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 38 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จาก ข้อมูลปริมาณงานของ เว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 37 และ 38 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่าค่า  $r_k$  ลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า  $r_{11}$  มีข้างสูงมาก และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ AR(1) มากที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ AR(1) มีดังนี้  $\delta = 39.06$ ,  $\phi_1 = 0.0946$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 14.63 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ AR(1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 39



ภาพที่ 39 ผลการทำนายปริมาณงาน ของเว็บเซอร์วิสการจอง โรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ (BookOnline) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 40 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 41

Auto- Stand.

Lag Corr. Err. -1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1 Box-Ljung Prob.

Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung Prob.
1	.034	.174	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.038 .846
2	.032	.171	.	.	.	.	*	.	.	.	.	.073 .964
3	-.089	.168	.	.	.	**		.	.	.	.	.356 .949
4	-.035	.165	.	.	.	*		.	.	.	.	.402 .982
5	-.058	.161	.	.	.	*		.	.	.	.	.529 .991
6	-.021	.158	.	.	.	*		.	.	.	.	.547 .997
7	-.063	.155	.	.	.	*		.	.	.	.	.715 .998
8	-.081	.151	.	.	.	**		.	.	.	.	1.003 .998
9	-.044	.148	.	.	.	*		.	.	.	.	1.092 .999
10	-.043	.144	.	.	.	*		.	.	.	.	1.182 1.000
11	-.043	.141	.	.	.	*		.	.	.	.	1.277 1.000
12	-.045	.137	.	.	.	*		.	.	.	.	1.384 1.000
13	-.063	.133	.	.	.	*		.	.	.	.	1.609 1.000
14	-.029	.129	.	.	.	*		.	.	.	.	1.658 1.000
15	-.024	.125	.	.	.	*		.	.	.	.	1.697 1.000
16	-.025	.121	.	.	.	*		.	.	.	.	1.738 1.000

ภาพที่ 40 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบ  
รายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

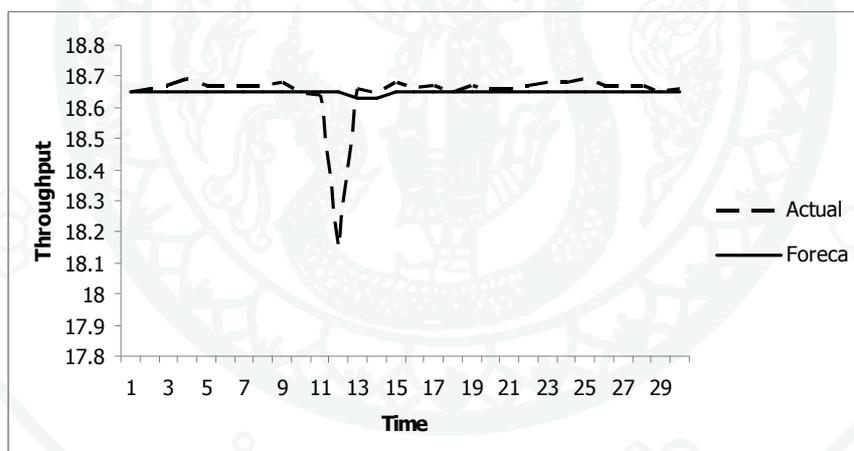
Pr-Aut- Stand.

lag Corr. Err. -1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1

Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	.034	.183	.	.	.	.	*	.	.	.	.
2	.031	.183	.	.	.	.	*	.	.	.	.
3	-.092	.183	.	.	.	**		.	.	.	.
4	-.030	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
5	-.050	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
6	-.024	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
7	-.065	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
8	-.088	.183	.	.	.	**		.	.	.	.
9	-.045	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
10	-.055	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
11	-.064	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
12	-.066	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
13	-.090	.183	.	.	.	**		.	.	.	.
14	-.057	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
15	-.062	.183	.	.	.	*		.	.	.	.
16	-.074	.183	.	.	.	*		.	.	.	.

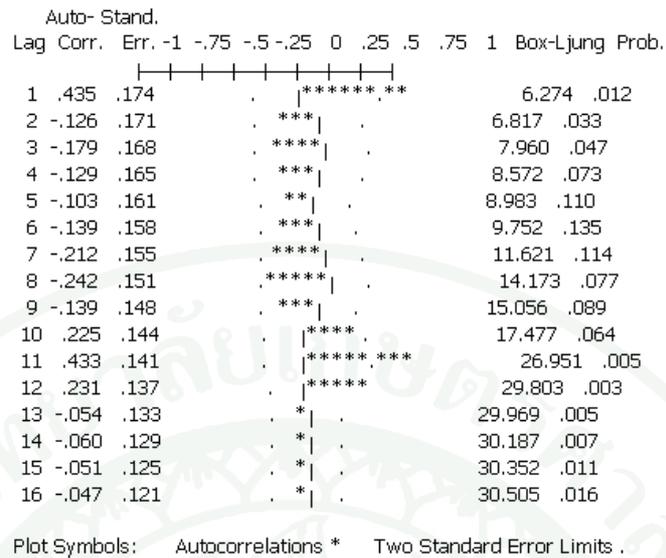
ภาพที่ 41 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบ  
รายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

พิจารณาภาพที่ 41 และ 42 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่าค่า  $r_1$ ,  $r_2$  และ  $r_{11}$ ,  $r_{22}$  มีค่าค่อนข้างสูงและลดลงเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA(2) มากที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ MA(2) ให้พารามิเตอร์  $\delta = 1865$ ,  $\phi_1 = -0.037$ ,  $\theta_1 = -0.038$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้ตัวสถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 13 คือ 1.278 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi_{0.05,13}^2 = 22.36$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ MA(2) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 44

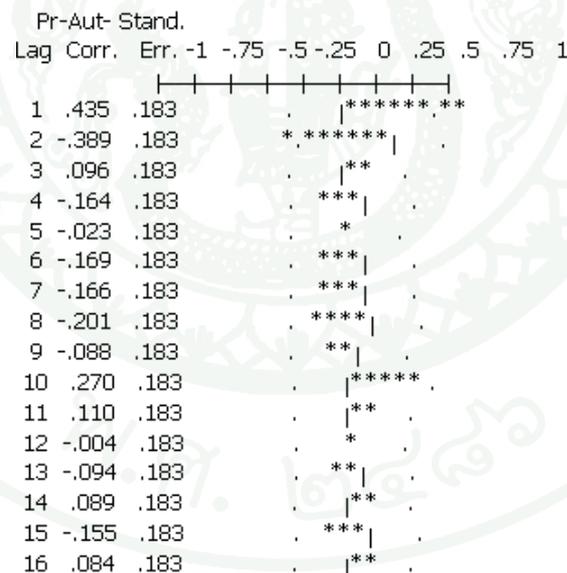


ภาพที่ 42 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีของบอซซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ (EHxchangeOnlineH) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 43 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 44



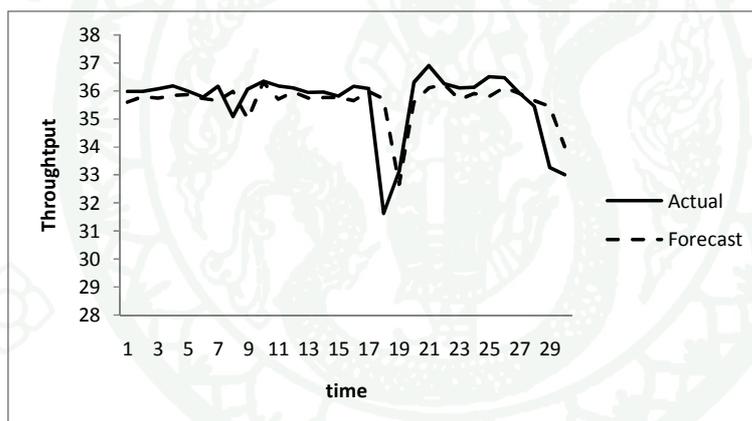
ภาพที่ 43 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 44 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

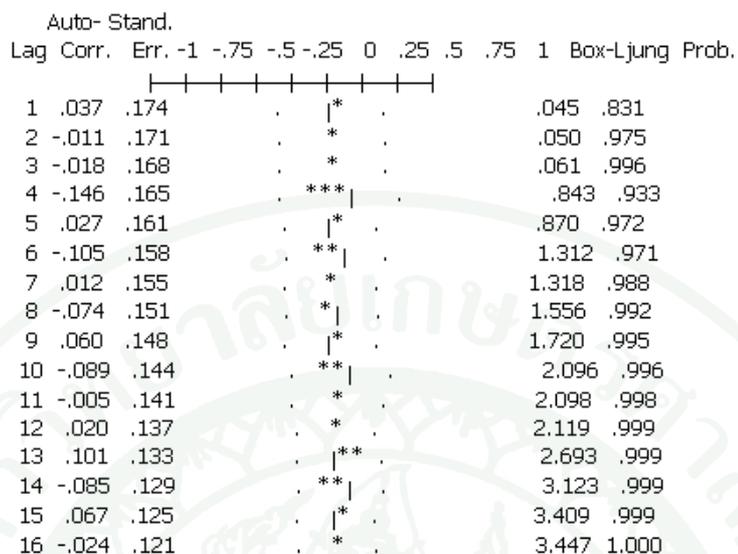
เมื่อพิจารณาภาพที่ 43 และ 44 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการ

ตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่าค่า  $r_1$  และ  $r_{11}$  มีค่าค่อนข้างสูงและลดลงเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ ARMA(1,1) มากที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ ARMA(1,1) มีดังนี้  $\delta = 35.6$ ,  $\phi_1 = 0.108$ ,  $\theta_1 = -0.61$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 13 คือ 1.018 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,13} = 22.36$  แสดงว่าความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ ARMA(1,1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอกซ์และเจนกินส์ แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 45

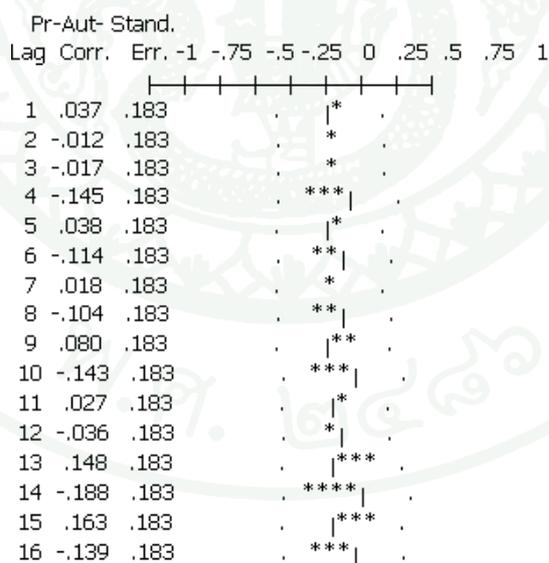


ภาพที่ 45 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีของบอกซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ (WeatherOnline) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 46 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 47

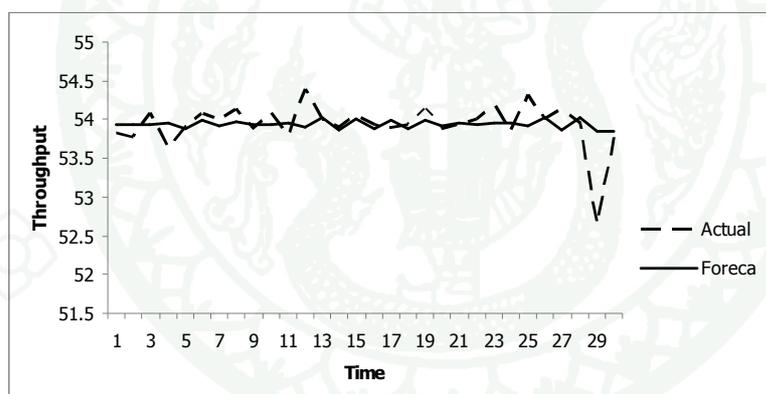


ภาพที่ 46 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 47 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 46 และ 47 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่าค่า  $r_1$  และ  $r_{11}$  มีค่าค่อนข้างสูงและลดลงเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ ARMA(1,1) มากที่สุดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ ARMA(1,1) มีดังนี้  $\delta = 53.93$ ,  $\phi_1 = -0.82$ ,  $\theta_1 = -0.98$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้ตัวสถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 13 คือ 3.43 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,13} = 22.36$  แสดงว่าความคลาดเคลื่อน มีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ ARMA(1,1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนาย ปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอกรีและเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 48



ภาพที่ 48 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีของบอกรีและเจนกินส์

1.1.3 การวัดความแม่นยำของการทำนายปริมาณงาน โดยวิธีการของบอกรีและเจนกินส์ เมื่อทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ แล้วหลังจากนั้นจะเป็นการตรวจสอบความแม่นยำของการทำนายโดยจะพิจารณาจากค่า MAPE ที่ได้จากการทำนายโดยใช้ตัวแบบต่างๆ ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 8 และ ตารางที่ 9

**ตารางที่ 8** ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองโดยใช้วิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 1 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	0.20	0.63	10.32	3.53	0.21

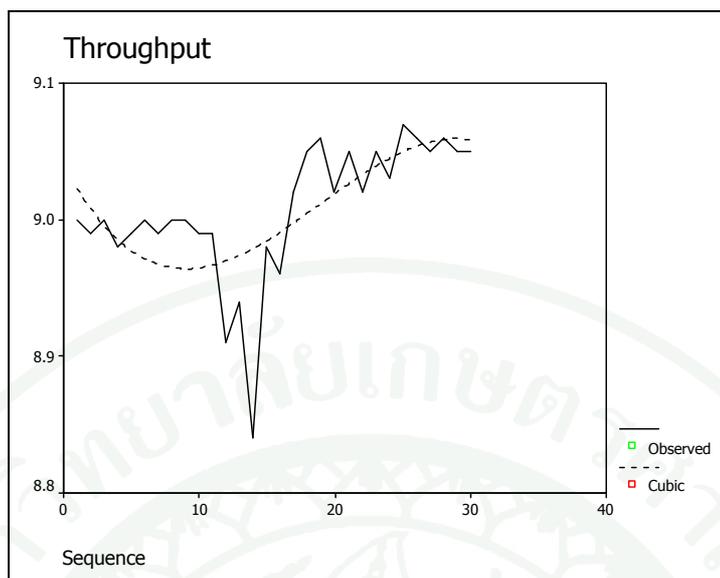
**ตารางที่ 9** ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยใช้วิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 5 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	4.878	1.312	0.18	1.63	0.31

1.2 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

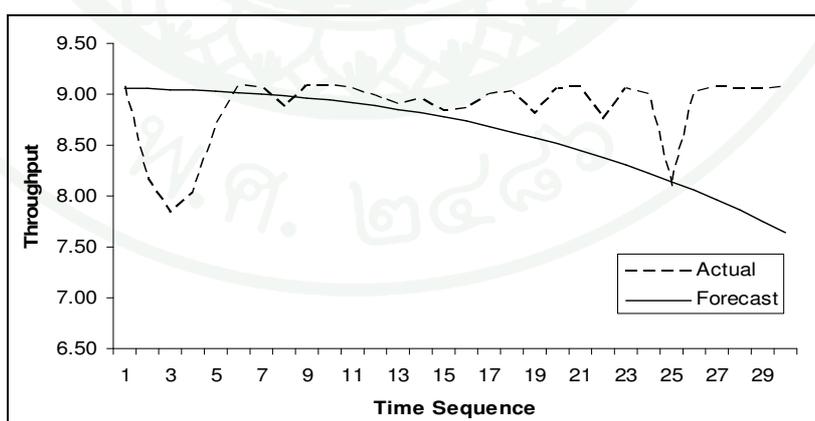
จากการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองแบบบอชซ์และเจนกินส์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ พบว่ามีความแม่นยำที่ค่อนข้างดี เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย จึงได้ทดลองการทำนายโดยใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยจะพิจารณาจากลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสต่างๆ

1.2.1 ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อคือ  $f(x) = -0.0000242x^3 + 0.001378x^2 - 0.018942x + 9.040577$  แสดงดังภาพที่



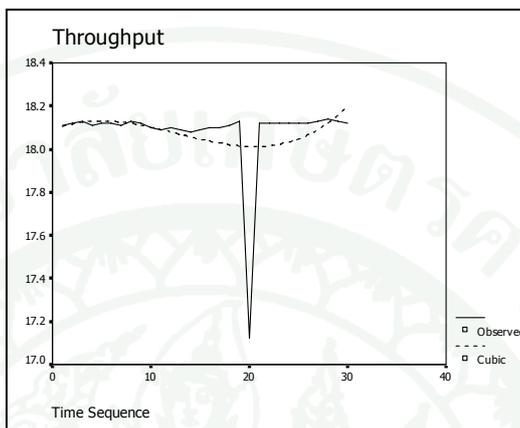
ภาพที่ 49 ประมวลค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมวลค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง กับค่าทำนาย ดังภาพที่ 50



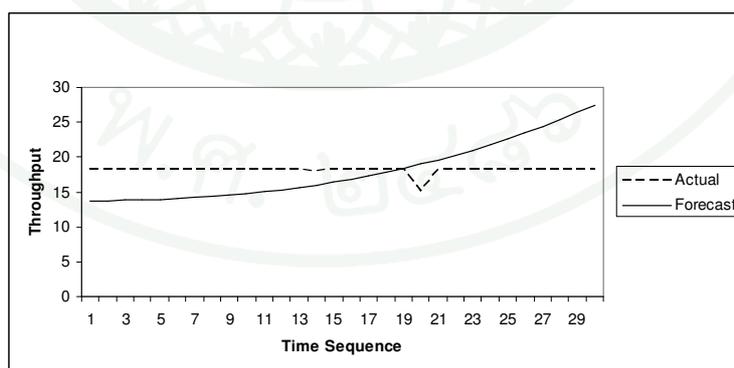
ภาพที่ 50 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมวลค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่ 5 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 0.000197x^3 - 0.007812x^2 - 0.08280x + 17.999136$  แสดงดังภาพที่ 51



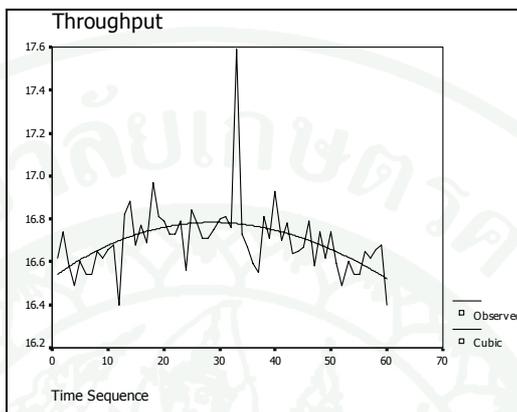
ภาพที่ 51 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 52



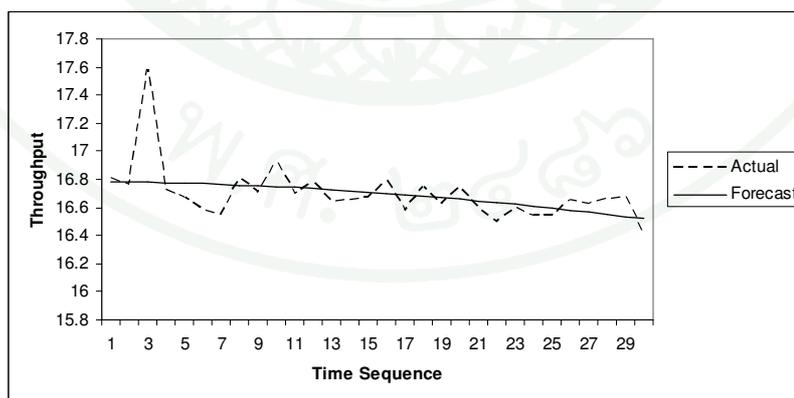
ภาพที่ 52 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 0.001795x^3 - 0.066669x^2 + 0.128970x + 26.051702$  แสดง ดังภาพที่ 53



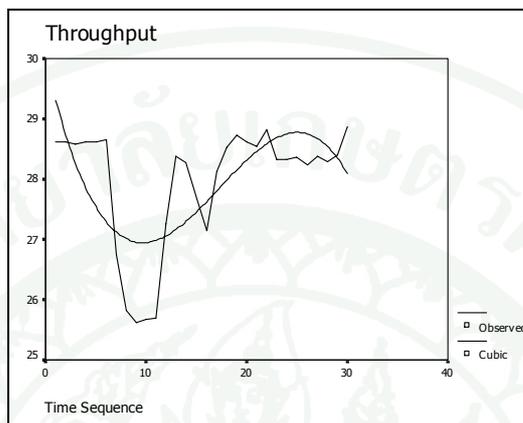
ภาพที่ 53 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง กับค่าทำนาย ดังภาพที่ 54



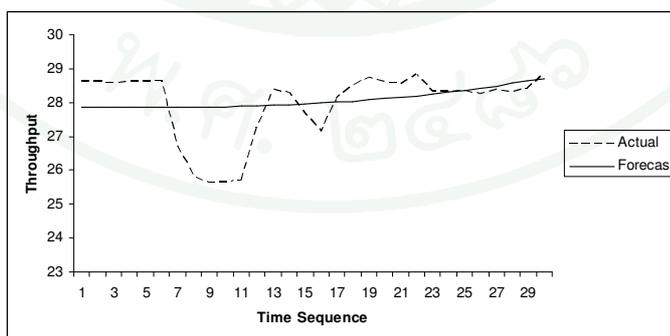
ภาพที่ 54 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมคือ  $f(x) = 0.001770x^3 - 0.011567x^2 - 2.267404x + 62.287916$  แสดงดังภาพที่ 55



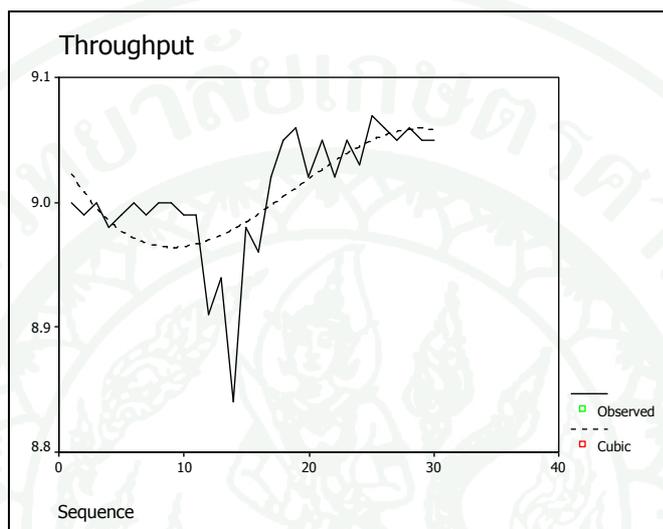
ภาพที่ 55 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ (HotelOnline) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 56



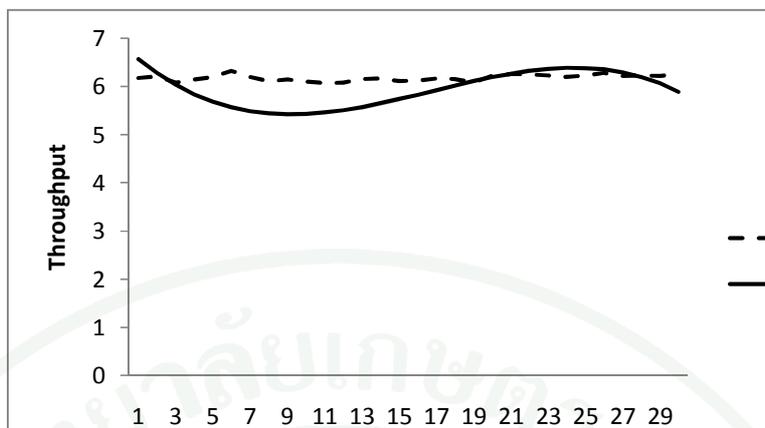
ภาพที่ 56 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนาม  
 อันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือ  
 ออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 139.061 + 13.647x - 1.066x^2 + 0.022x^3$   
 แสดงดังภาพที่ 57



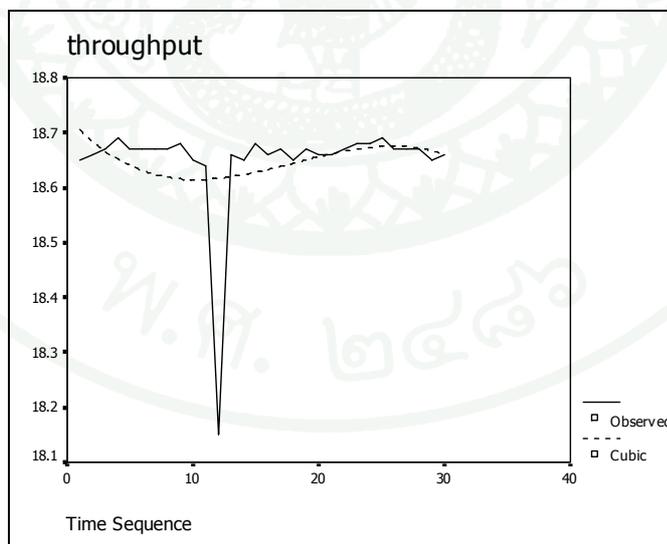
ภาพที่ 57 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือ  
 ออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของ  
 หนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้ว  
 นำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่า  
 ทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 58



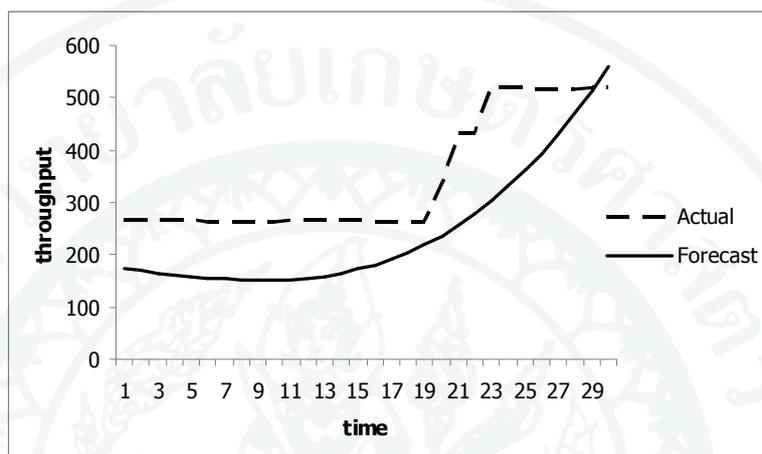
ภาพที่ 58 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อคือ  $f(x) = 18.73 - 0.0256x + 0.0017x^2 - 0.0000321x^3$  แสดงดังภาพที่ 59



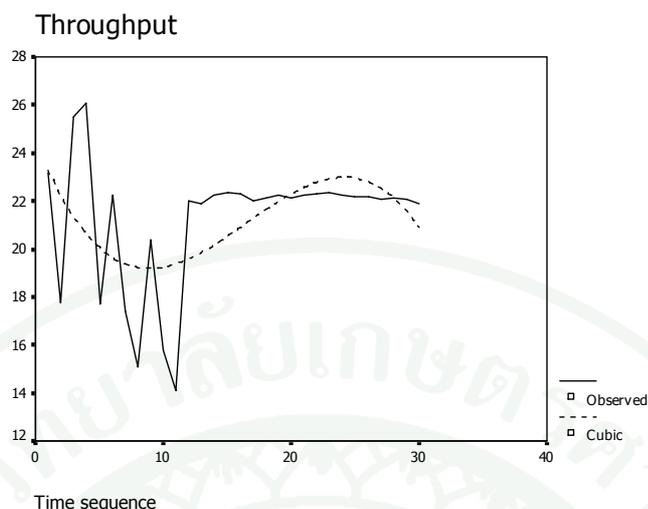
ภาพที่ 59 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 60



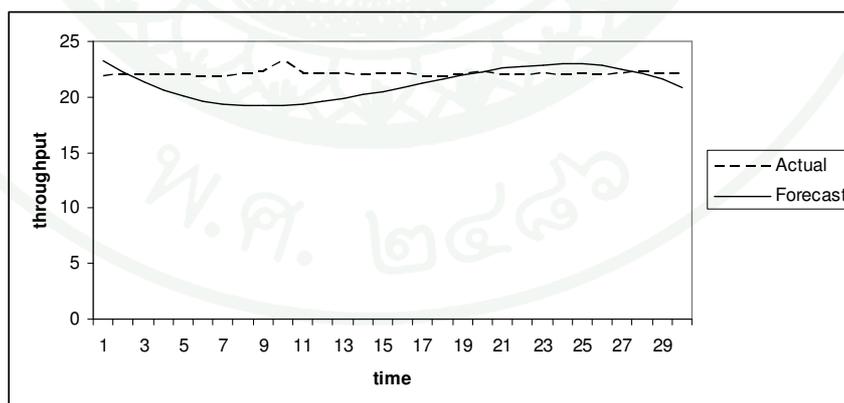
ภาพที่ 60 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 37.934 + 3.735x - 0.292x^2 + 0.006x^3$  แสดงดังภาพที่ 61



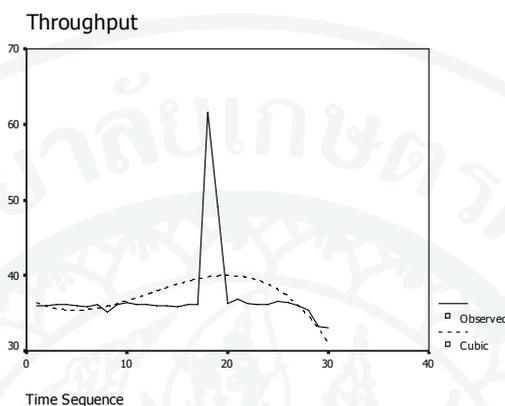
**ภาพที่ 61** ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 62



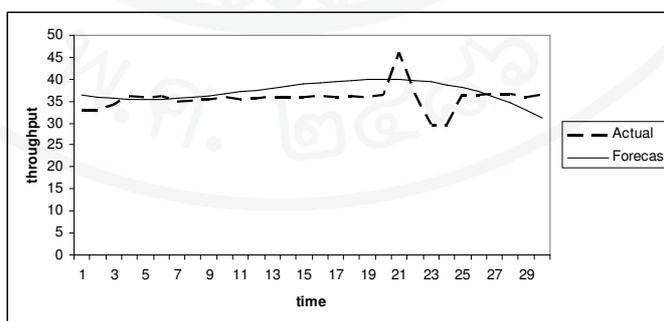
**ภาพที่ 62** ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 132.216 + 2.502x - 0.304x^2 + 0.008x^3$  แสดงดังภาพที่ 64



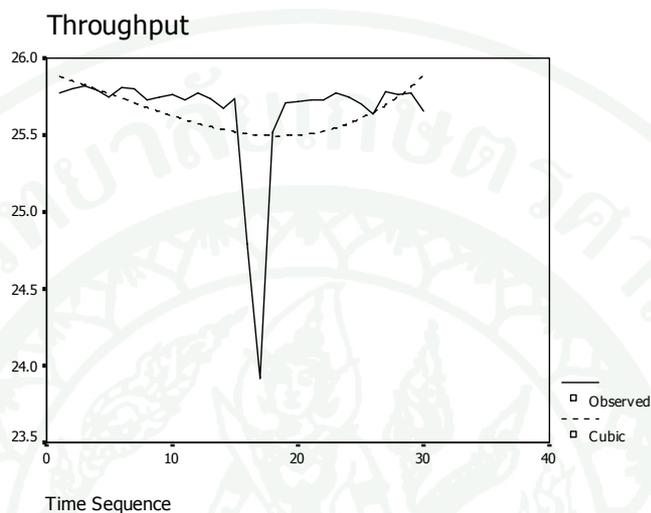
ภาพที่ 63 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 64



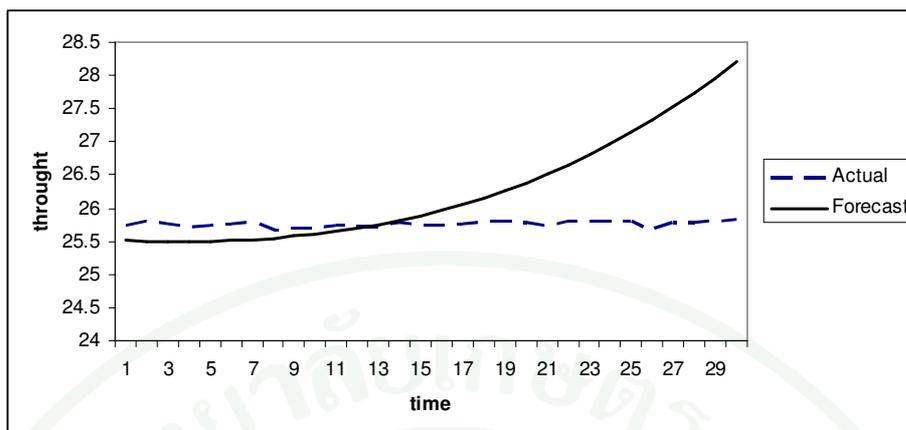
ภาพที่ 64 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 37.125 + 0.020x + 0.002x^2 + -0.000102x^3$  แสดงดังภาพที่ 65



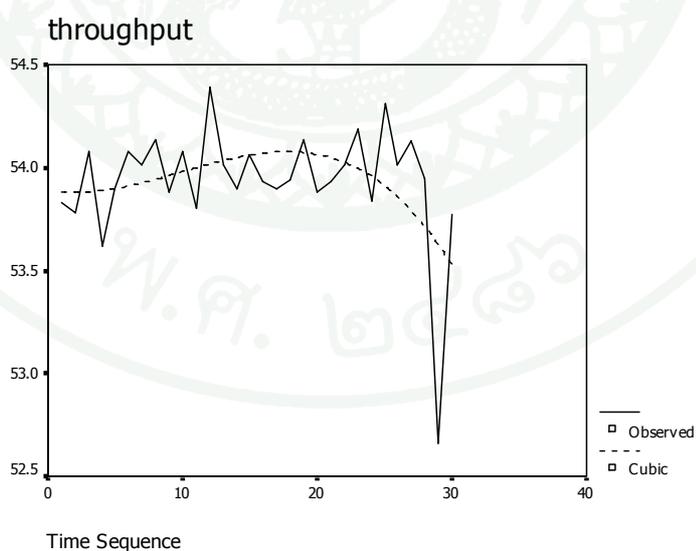
ภาพที่ 65 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 66



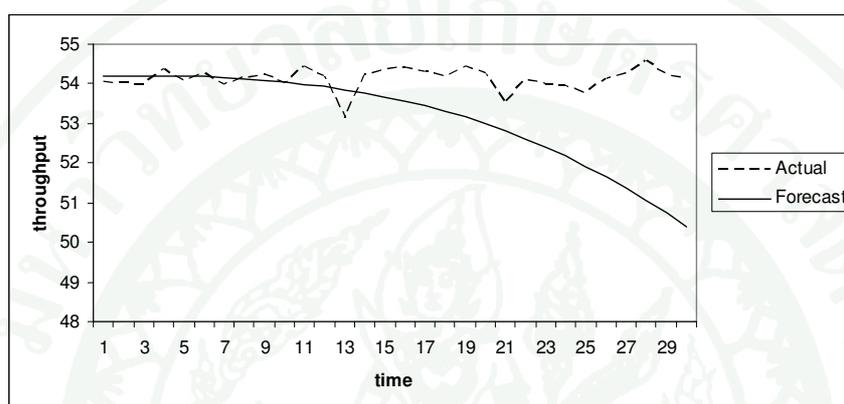
ภาพที่ 66 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าปริมาณงานด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อคือ  $f(x) = 89.86 + 0.0036x - 0.004x^2 + 0.00016x^3$  แสดงดังภาพที่ 67



ภาพที่ 67 ประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำมาใช้ในการทำนายปริมาณงานในอนาคต ความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 68



**ภาพที่ 68** ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

1.2.2 ผลการวัดความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวนการเชื่อมต่อ 1 และ 5 การเชื่อมต่อ แสดงดังตารางที่ 10 และ 11

**ตารางที่ 10** ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 1 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	5.57	2.55	55.70	6.08	2.50

**ตารางที่ 11** ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองโดยใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 5 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	19.20	5.28	32.25	7.98	2.00

1.3 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองโดยใช้การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย จากการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองแบบบอซซ์และเจนกินส์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย จึงได้ทดลองการทำนายโดยใช้การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย งานวิจัยนี้ได้จึงได้กำหนดให้ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) ที่เหมาะสมให้กับข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ โดยพิจารณาจากค่า SSE ที่ต่ำที่สุด แสดงดังตารางที่ 12

**ตารางที่ 12** ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

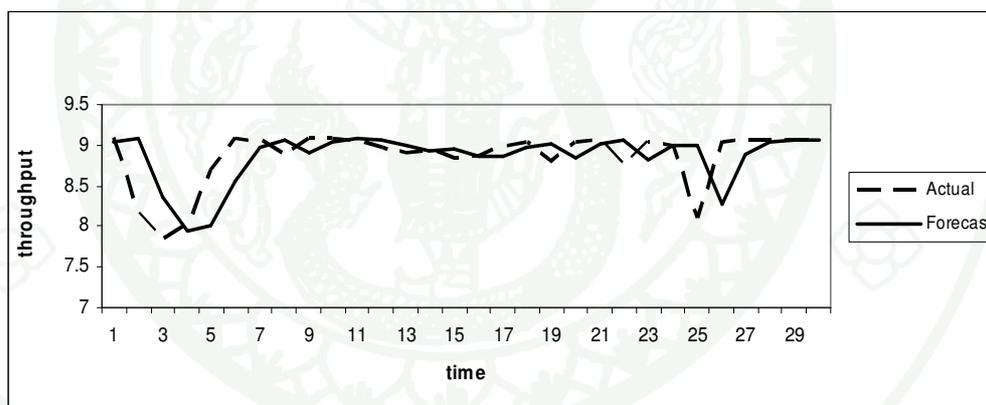
เว็บเซอร์วิส 1 การเชื่อมต่อ									
SellingOnline		HotelOnline		BookOnline		EHxchangeOnline		WeatherOnline	
$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE
0.8	3.65	1	100.03	1	23.15	0.3	224.87	1	482.68

การกำหนดค่าให้ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) ที่เหมาะสมให้กับข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ โดยพิจารณาจากค่า SSE ที่ต่ำที่สุดแสดงดังตารางที่ 13

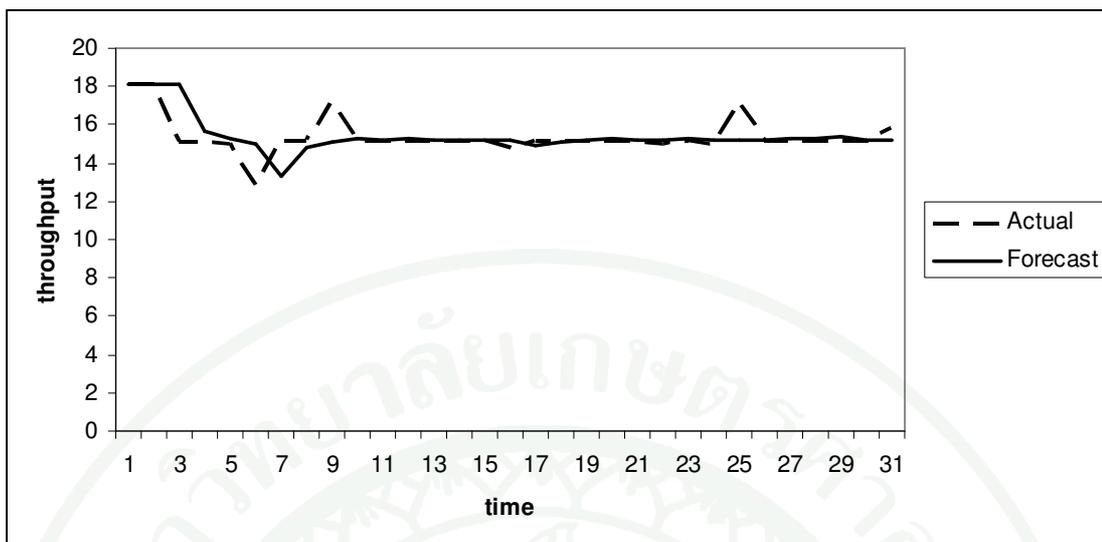
ตารางที่ 13 ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 5 การเชื่อมต่อ									
SellingOnline		HotelOnline		BookOnline		EHxchangeOnline		WeatherOnline	
$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE
0.8	21.21	0.9	994.32	0.9	33.98	1	1081.96	1	5.61

1.3.1 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริงกับค่าทำนายของปริมาณงานด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 69 และ 70

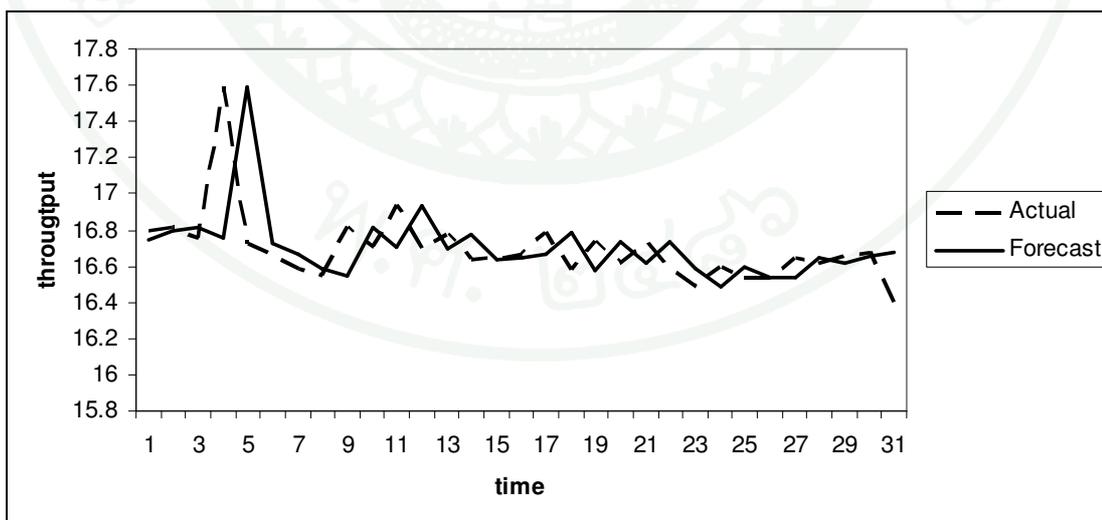


ภาพที่ 69 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

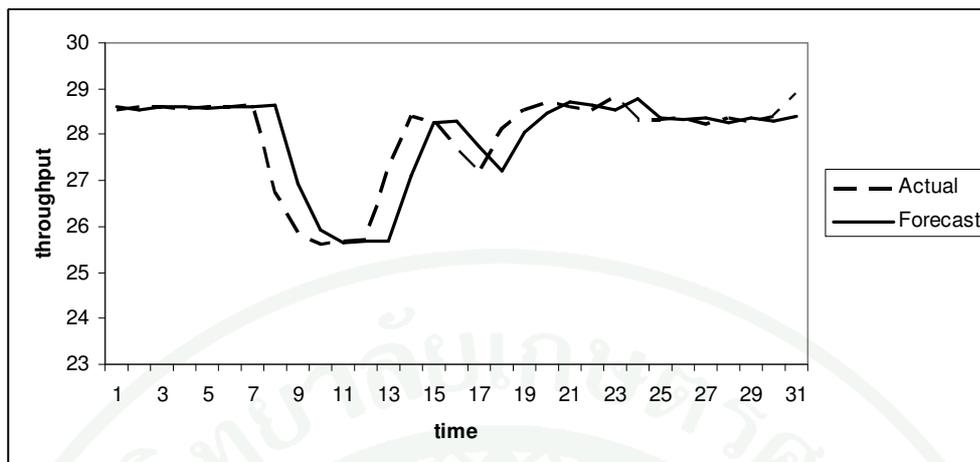


ภาพที่ 70 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริงกับค่าทำนาย ของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 71 และ 72

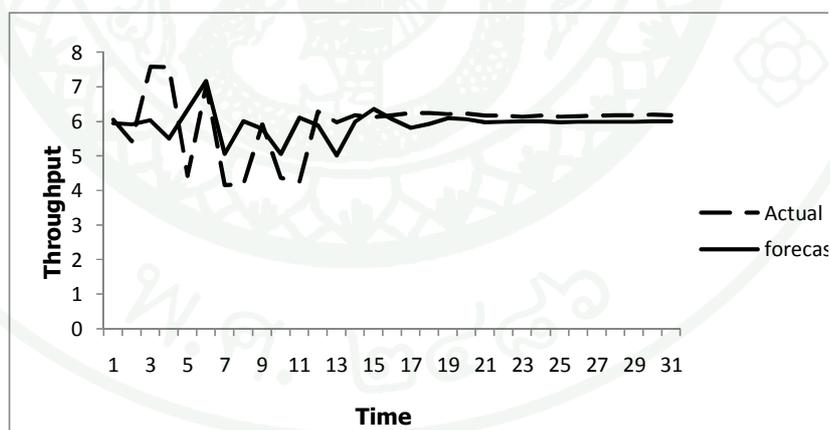


ภาพที่ 71 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

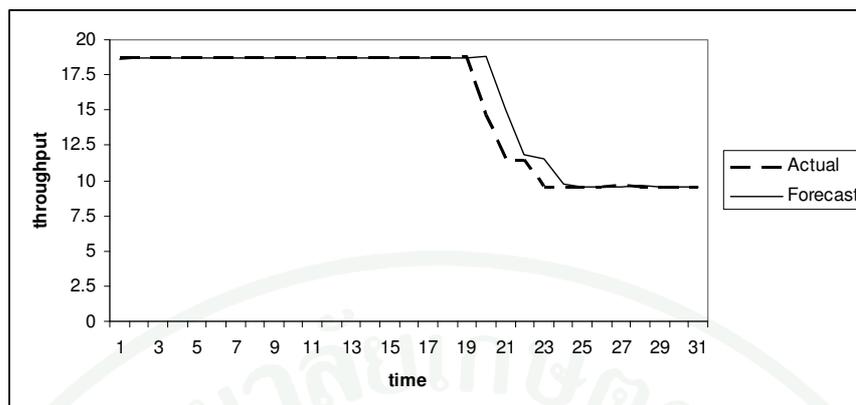


ภาพที่ 72 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริงกับค่าทำนาย ปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 73 และ 74

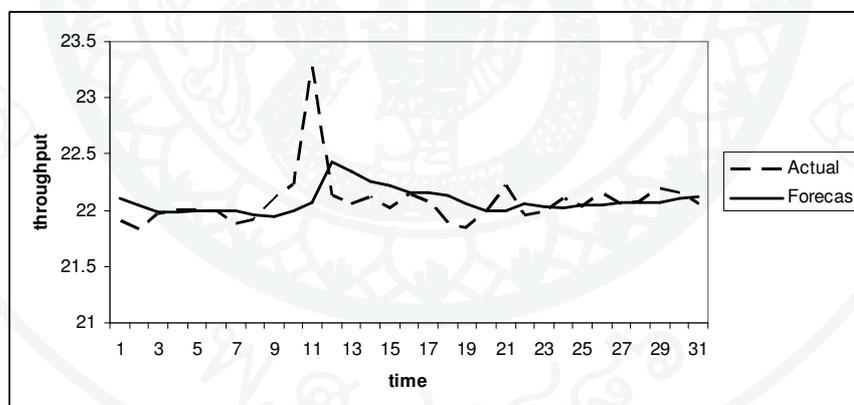


ภาพที่ 73 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

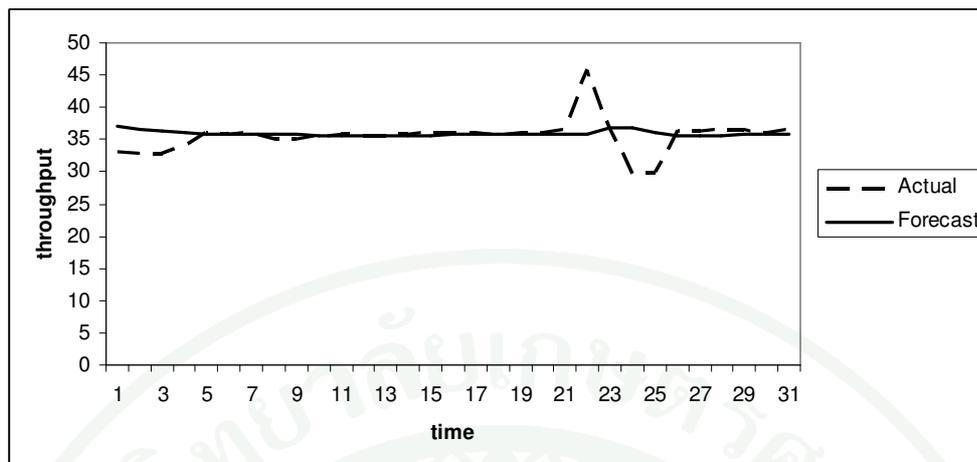


ภาพที่ 74 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง กับค่าทำนาย ปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 75 และ 76

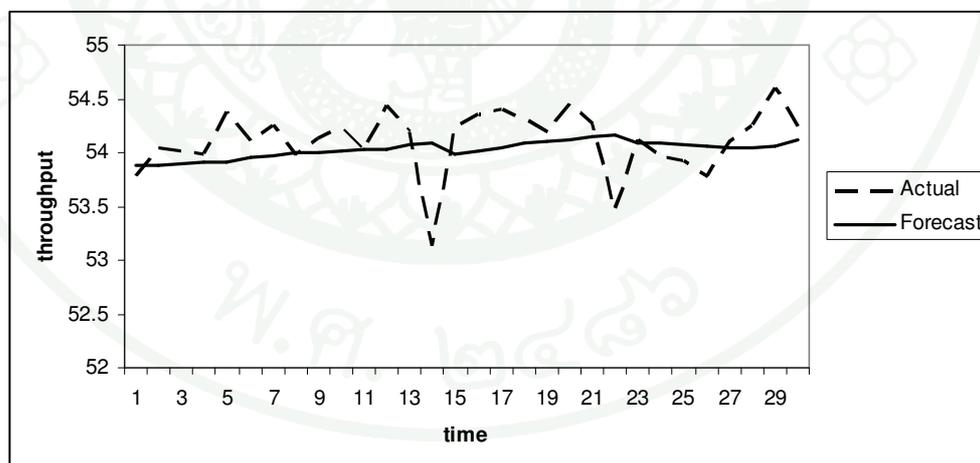


ภาพที่ 75 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

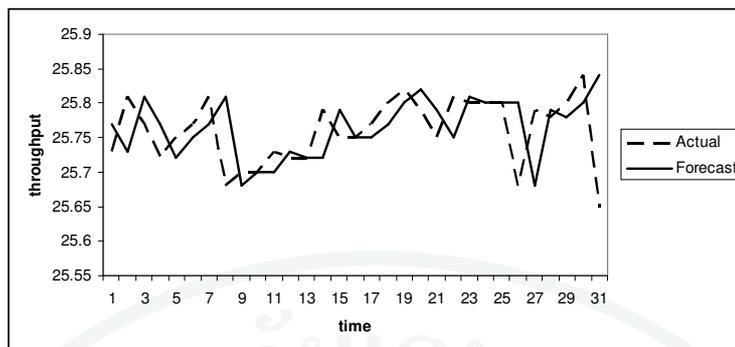


ภาพที่ 76 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง กับค่าทำนาย ปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่ 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 77 และ 78



ภาพที่ 77 ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย



**ภาพที่ 78** ผลการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

1.3.2 ผลการวัดความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อดังตารางที่ 14 และ 15

**ตารางที่ 14** ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองโดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 1 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	2.58	0.92	1.00	0.68	0.17

**ตารางที่ 15** ความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสจำลองโดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 5 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	2.36	1.36	0.05	4.48	0.76

## 2. ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลองและของ WS-DREAM dataset

### 2.1 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลองด้วยวิธีบอซซ์และเจนกินส์

2.1.1 ผลการทดสอบความเป็นสแตชันนารีของข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลองและของ WS-DREAM dataset จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของข้อมูล เวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลอง แสดงดังตาราง ที่ 16 และ 17 ส่วนความแปรปรวนของเวลาตอบสนอง แสดงดังตาราง ที่ 18 และ 19

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

series	Web service name				
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	ExchangeOnline	WeatherOnline
series1	109.48	25.34	165.54	43.68	37.31
series2	109.42	25.36	201.98	43.10	38.14
series3	109.47	17.46	175.01	43.73	37.24
series4	109.38	16.80	174.62	43.46	37.27
series5	109.43	16.73	176.19	43.25	37.25
series6	109.35	16.75	175.63	43.65	37.28

ตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยของเวลาตอบสนอง จากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

series	Web service name				
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	ExchangeOnline	WeatherOnline
series1	272.73	174.07	264.81	136.01	89.924
series2	272.68	173.144	264.73	136.664	89.524
series3	273.166	172.484	264.396	135.968	89.518
series4	272.784	172.15	264.884	133.712	89.694
series5	272.612	172.034	264.624	134.756	89.49
series6	272.536	172.196	264.842	133.486	90.102

จากตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยในส่วนของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ และตารางที่ 17 ค่าเฉลี่ยในส่วนของปริมาณงาน ของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ไม่แตกต่างกันมากนักหรืออาจกล่าวได้ว่า ค่าเฉลี่ย คงที่สำหรับทุกๆค่าของเวลา ( $t$ )

**ตารางที่ 18** ความแปรปรวนของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

series	Web service name				
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	ExchangeOnline	WeatherOnline
series 1	0.0068	0.0019	1555.6640	3.8981	0.0048
series 2	0.0197	0.0018	2080.7085	2.0715	1.4341
series 3	0.0259	0.8436	1025.2919	0.2443	0.0014
series 4	0.0151	0.0105	1254.0817	0.0349	0.0100
series 5	0.0181	0.0111	1270.7467	0.0077	0.0038
series 6	0.0166	0.0016	1269.4558	0.0476	0.0065

**ตารางที่ 19** ความแปรปรวนของเวลาตอบสนอง จากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

series	Web service name				
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	ExchangeOnline	WeatherOnline
series 1	0.0138	2.9646	0.0416	0.1183	0.0897
series 2	0.018	0.4559	0.0379	3.8615	0.0339
series 3	0.01623	0.8423	1.2086	0.1278	0.1403
series 4	0.0293	0.2752	0.0121	5.8987	0.0344
series 5	0.0299	0.0288	0.0214	1.5567	0.1176
series 6	0.0125	1.5156	0.0129	3.5377	1.1617

จากตารางที่ 18 ความแปรปรวนในส่วนของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ และตารางที่ 19 ความแปรปรวนในส่วนของปริมาณงานของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ จะเห็นได้ว่ามีความแปรปรวนไม่มากนักหรืออาจกล่าวได้ว่า ค่าความ

แปรปรวน คงที่สำหรับทุกๆค่าของเวลา ( $t$ ) ซึ่งความแปรปรวนหาได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละส่วนย่อย การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของข้อมูลเวลาตอบสนองของ WS-DREAM dataset แสดง ดังตารางที่ 20 และความแปรปรวนของเวลาตอบสนอง แสดงดังตารางที่ 21

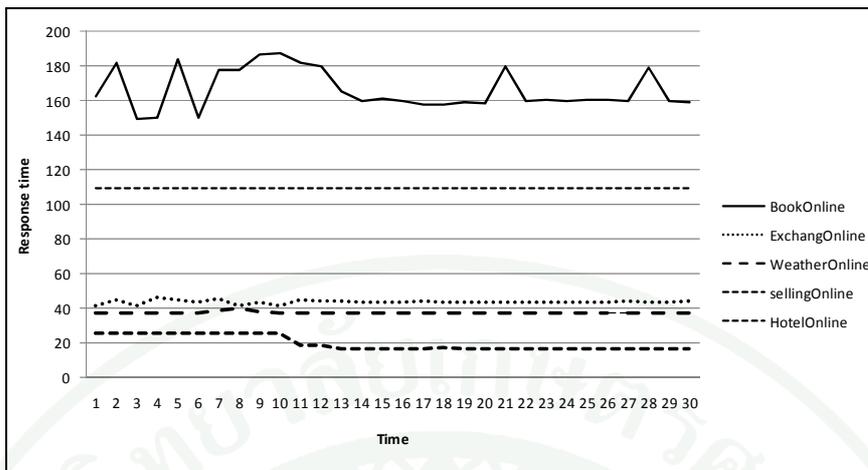
**ตารางที่ 20** ค่าเฉลี่ย ของเวลาตอบสนองจาก WS-DREAM dataset

series	Web Service ID				
	WSID1	WSID2	WSID1527	WSID1580	WSID18583
series 1	328.8	968.1	126.7	125.6	68.6
series 2	324.4	941.6	128.2	124.7	68.8
series 3	324.3	980.5	125.7	124.1	68.3
series 4	322.5	939.1	125.6	123.5	67.9
series 5	317.6	965.2	128.4	124.2	69.6
series 6	328.8	968.1	126.7	125.6	68.6

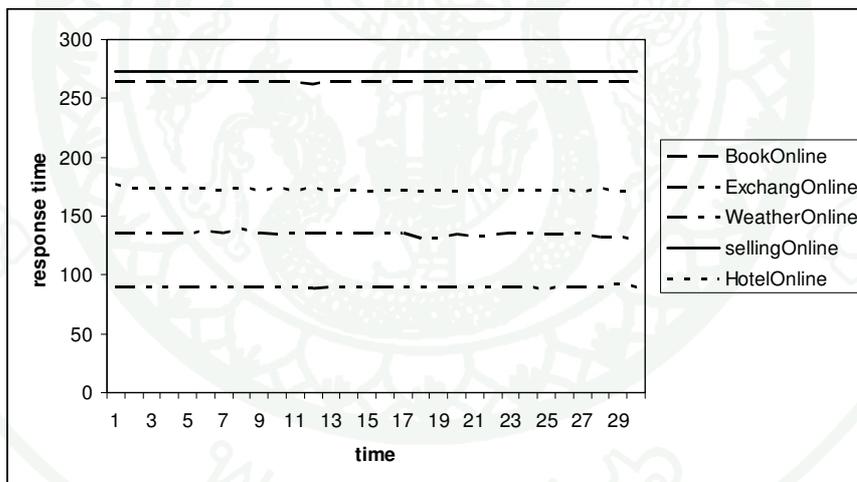
**ตารางที่ 21** ความแปรปรวน ของเวลาตอบสนองจาก WS-DREAM dataset

series	Web Service ID				
	WSID1	WSID2	WSID1527	WSID1580	WSID18583
series 1	239.65	3825.87	22.75	5.77	7.15
series 2	481.60	2168.48	19.51	2.90	10.84
series 3	277.12	3821.83	20.90	2.10	11.12
series 4	340.94	1791.87	21.60	0.27	6.32
series 5	242.62	2683.57	22.80	3.82	9.48
series 6	239.65	3825.87	22.75	5.77	7.15

สำหรับการทดสอบความเป็นสแตชันนารีของข้อมูลเวลาตอบสนอง ของเว็บเซอร์วิสจำลอง จากวิเคราะห์ความถี่อื่นไหวจากการพล็อตกราฟที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ได้ผลดังภาพที่ 79 และที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อได้ผลดังภาพที่ 80



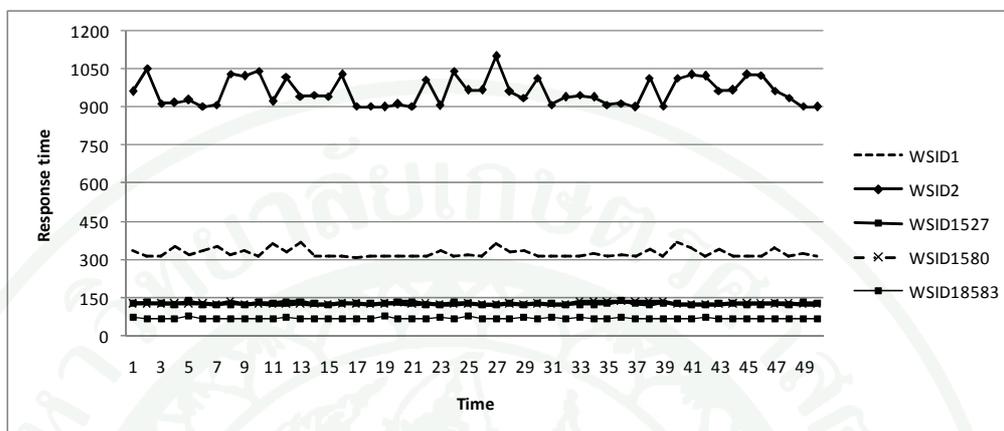
ภาพที่ 79 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 80 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 79 และ 80 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟของอนุกรมเวลา ของข้อมูลเวลาตอบสนอง ของเว็บเซอร์วิสจำลอง จะเห็นได้ว่าการเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างคงที่ไม่มีแนวโน้ม หรือไม่เป็นไปตามฤดูกาล แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลา มีลักษณะเป็นสแตชันนารี ส่วนการทดสอบ

ความเป็นสเตรชันนารี ของข้อมูลเวลาตอบสนอง ของเว็บเซอร์วิส WS-DREAM นั้นสามารถวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวจากการพล็อตกราฟได้ผลดังภาพที่ 81

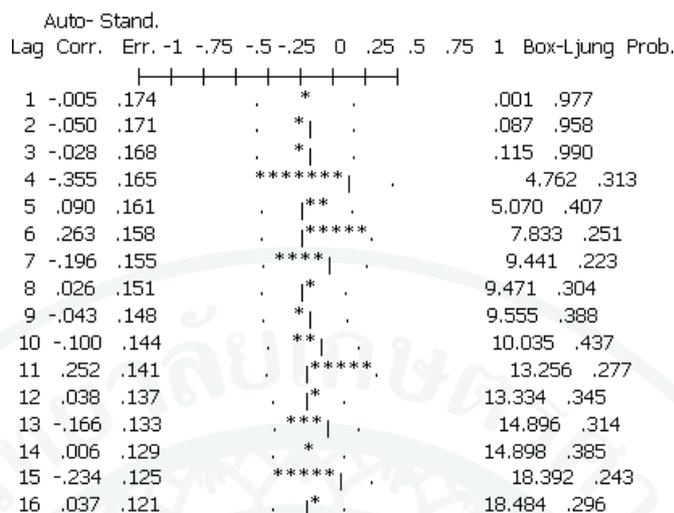


ภาพที่ 81 ความเคลื่อนไหวของข้อมูลเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิส WS-DREAM

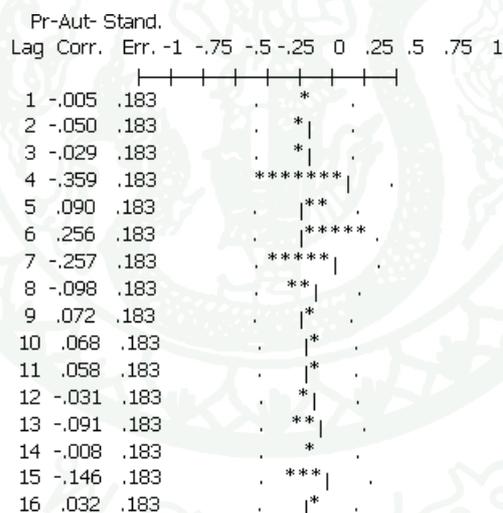
เมื่อพิจารณาภาพที่ 81 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟของอนุกรมเวลาของข้อมูลเวลาตอบสนองของ WS-DREAM จะเห็นได้ว่าการเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างคงที่ไม่มีแนวโน้ม หรือไม่เป็นไปตามฤดูกาล แสดงว่าข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะเป็นสเตรชันนารี

2.1.2 การกำหนดตัวแบบให้กับข้อมูลอนุกรมเวลาของเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจากขั้นตอนของการวิเคราะห์ลักษณะความเป็นสเตรชันนารี ของข้อมูลเวลาตอบสนองทำให้ทราบว่าลักษณะของข้อมูลที่น่ามาทดลองมีความเป็นสเตรชันนารี สามารถนำมาใช้ในการทำนายแบบ ARMA( $p, q$ ) ได้ ซึ่งขั้นตอนต่อไปจะเป็นการกำหนดตัวแบบให้กับอนุกรมเวลาเพื่อใช้ในการทำนาย

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวนการเชื่อมต่อ 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 82 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 83



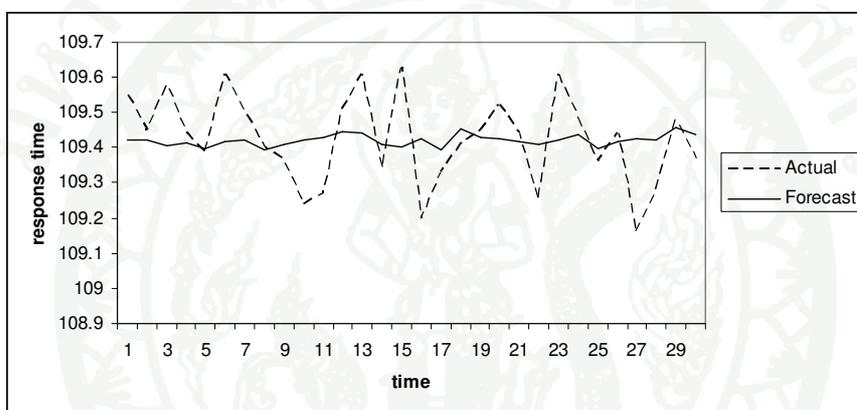
ภาพที่ 82 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 83 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

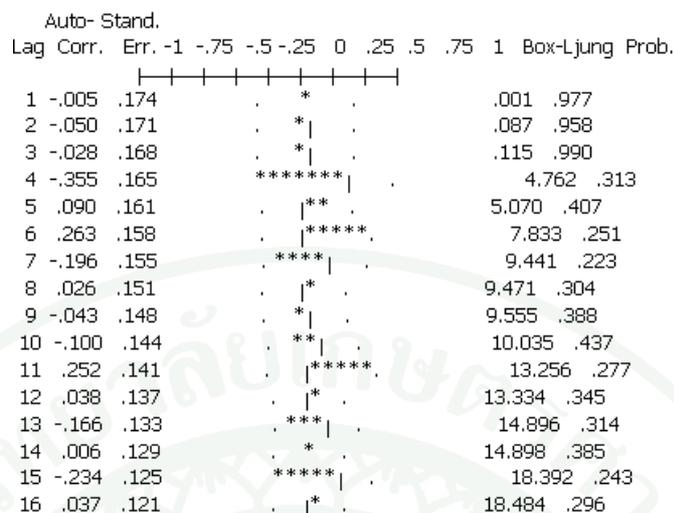
เมื่อพิจารณาภาพที่ 82 และ 83 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของข้อมูลเวลาตอบสนองเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบ

ต่างๆ จะเห็นว่า  $r_1$  มีค่าสูงและลดลงเมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า  $r_{11}$  มีสูง และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA(2) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ MA(2) มีดังนี้  $\mu = 109.42$   $\theta_1 = 0.0138$ ,  $\theta_2 = 0.13$  เมื่อ ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 12.08 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกัน และตัวแบบ MA(2) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบ สนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 84

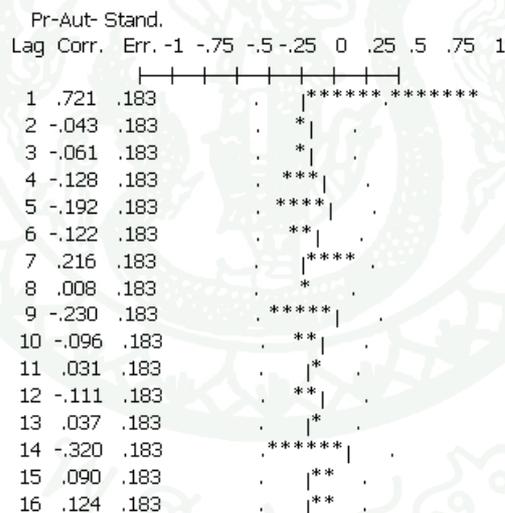


ภาพที่ 84 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 85 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 86



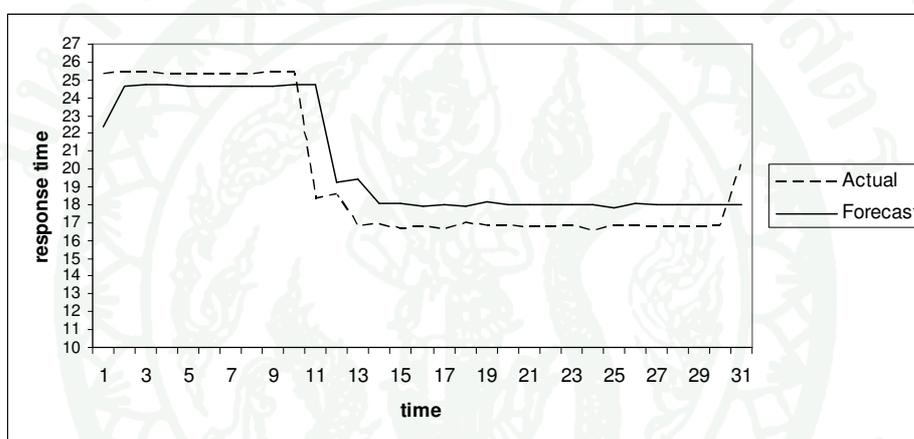
ภาพที่ 85 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 86 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จาก ข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส การจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

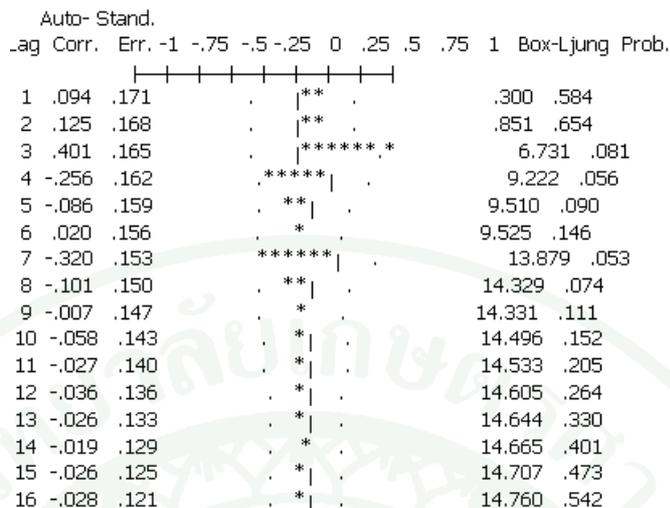
เมื่อพิจารณาภาพที่ 85 และ 86 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ (HotelOnline) และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบ

ต่างๆ จะเห็นว่า  $r_k$  มีค่าสูงและลดลงเมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า  $r_{11}$  มีสูง และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ AR(1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ AR(1) มีดังนี้  $\delta = 22.33$   $\phi_1 = 0.778$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 0.724 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ AR(1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 87

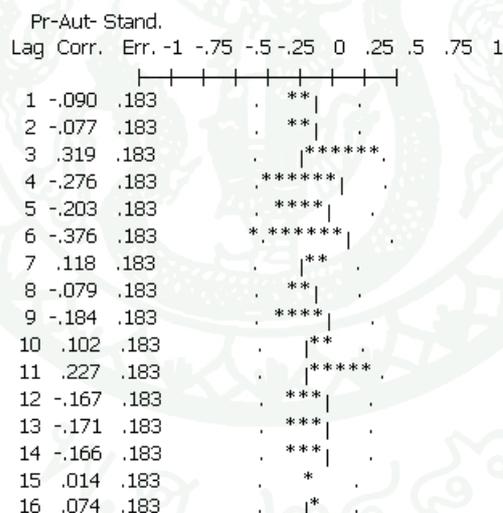


ภาพที่ 87 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 88 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 89



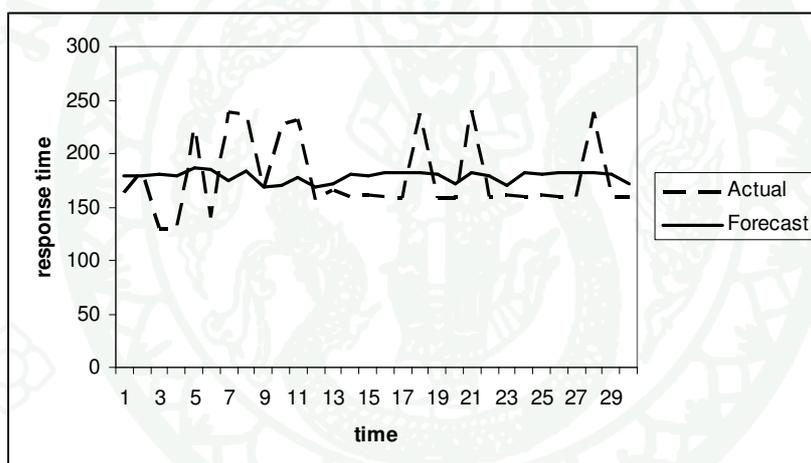
ภาพที่ 88 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 89 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 88 และ 89 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่า  $r_1, r_2$  มีค่าสูง ลดลงเมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า  $r_{kk}$  และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA(2) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ MA(2) มีดังนี้  $\mu = 178.46782, \theta_1 = 0.02523, \theta_2 = 0.1406$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 20.20 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ MA(2) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 90



**ภาพที่ 90** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ (EHxchangeOnlineH) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 91 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 92

Auto- Stand.

Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung Prob.
1	-.378	.174				*	*****					4.727 .030
2	.332	.171						*	*****			8.511 .014
3	-.242	.168							*	*****		10.587 .014
4	-.336	.165							*	*****		14.755 .005
5	.117	.161							*	**		15.278 .009
6	-.234	.158							*	*****		17.464 .008
7	.317	.155							*	*****		21.667 .003
8	-.090	.151							*	**		22.022 .005
9	.139	.148							*	***		22.901 .006
10	-.111	.144							*	**		23.495 .009
11	-.021	.141							*	*		23.517 .015
12	-.038	.137							*	*		23.593 .023
13	.066	.133							*	*		23.842 .033
14	-.002	.129							*	*		23.843 .048
15	.035	.125							*	*		23.922 .066
16	-.026	.121							*	*		23.968 .090

ภาพที่ 91 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบ อัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

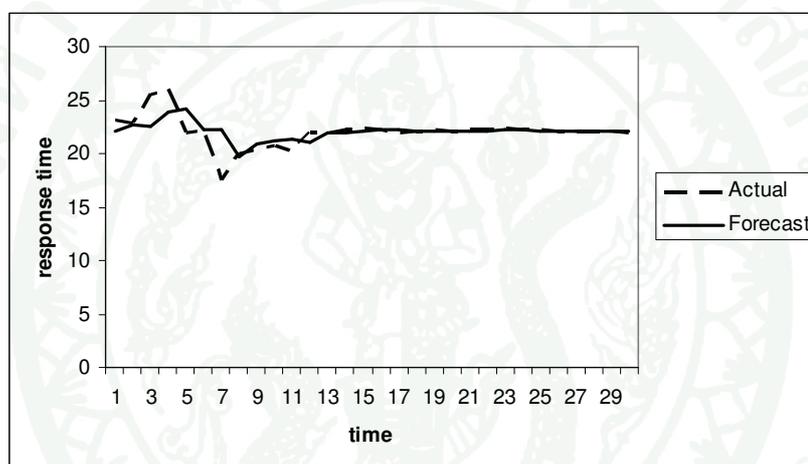
Pr-Aut- Stand.

Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	-.378	.183				*	*****				
2	.221	.183						*	****		
3	-.074	.183						*	*		
4	-.613	.183						*	*****	*	
5	-.128	.183						*	***		
6	.061	.183						*	*		
7	.036	.183						*	*		
8	-.263	.183						*	*****		
9	-.102	.183						*	**		
10	-.077	.183						*	*		
11	.004	.183						*	*		
12	-.117	.183						*	**		
13	.091	.183						*	**		
14	-.072	.183						*	*		
15	-.115	.183						*	**		
16	-.061	.183						*	*		

ภาพที่ 92 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส การตรวจสอบ อัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 91 และ 92 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบ

ต่างๆ จะเห็นว่า  $r_1$  และ  $r_{kk}$  มีค่าต่ำและเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ ARMA(1,1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ ARMA(1,1) มีดังนี้  $\delta = 22.07$ ,  $\phi_1 = 0.5686$   $\theta_1 = 0.0645$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 6.482 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ ARMA(1,1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 93



ภาพที่ 93 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ (WeatherOnline) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 94 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 95

Auto- Stand.

Lag Corr. Err. -1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1 Box-Ljung Prob.

Lag	Corr.	Err.	Box-Ljung Prob.
1	.458	.171	7.143 .008
2	.003	.168	7.143 .028
3	-.033	.165	7.182 .066
4	-.076	.162	7.400 .116
5	-.093	.159	7.740 .171
6	-.103	.156	8.177 .225
7	-.110	.153	8.692 .276
8	-.054	.150	8.824 .357
9	.021	.147	8.845 .452
10	-.026	.143	8.877 .544
11	-.048	.140	8.994 .622
12	-.046	.136	9.109 .694
13	-.040	.133	9.200 .758
14	-.066	.129	9.462 .800
15	-.066	.125	9.740 .836
16	-.038	.121	9.841 .875

ภาพที่ 94 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

Pr-Aut- Stand.

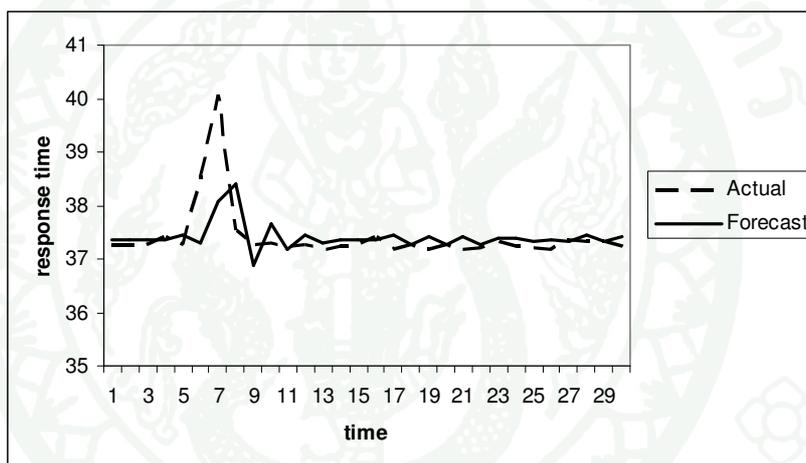
Lag Corr. Err. -1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1

Lag	Corr.	Err.	Box-Ljung Prob.
1	.458	.180	7.143 .008
2	-.261	.180	7.143 .028
3	.116	.180	7.182 .066
4	-.149	.180	7.400 .116
5	.013	.180	7.740 .171
6	-.102	.180	8.177 .225
7	-.034	.180	8.692 .276
8	-.003	.180	8.824 .357
9	.030	.180	8.845 .452
10	-.099	.180	8.877 .544
11	.012	.180	8.994 .622
12	-.073	.180	9.109 .694
13	.005	.180	9.200 .758
14	-.099	.180	9.462 .800
15	.002	.180	9.740 .836
16	-.045	.180	9.841 .875

ภาพที่ 95 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

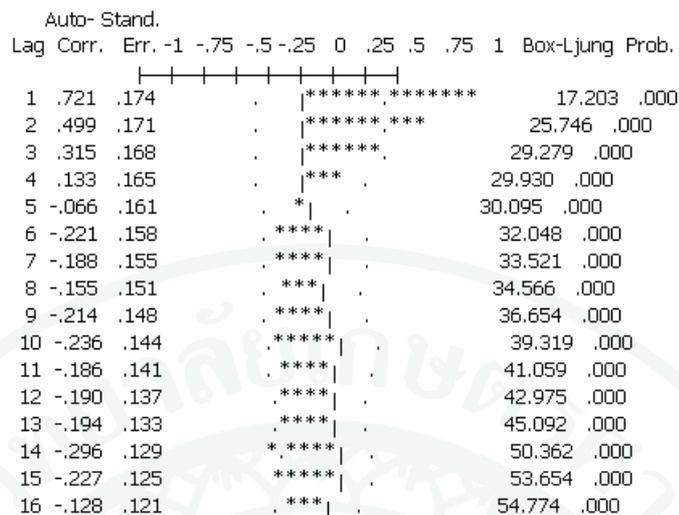
เมื่อพิจารณาภาพที่ 94 และ 95 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆจะเห็นว่า  $r_1$  และ  $r_{11}$  มีค่าสูง และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ ARMA(1,1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ ARMA(1,1) มีดังนี้  $\delta = 37.40$ ,  $\phi_1 = -0.08$ ,  $\theta_1 = -0.6$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 1.319 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ ARMA(1,1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 96

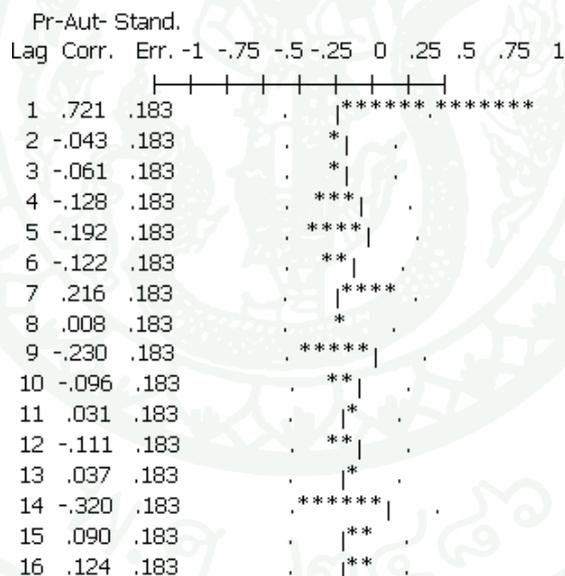


ภาพที่ 96 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 97 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 98



ภาพที่ 97 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

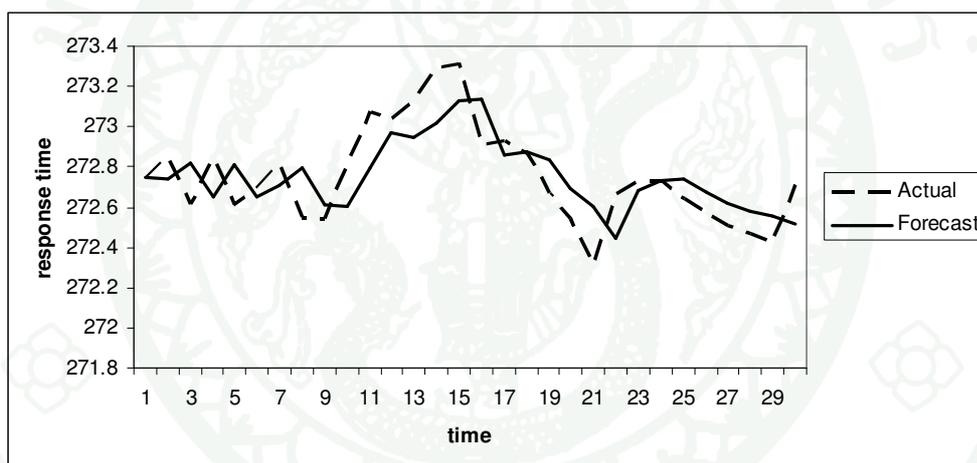


ภาพที่ 98 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณาภาพที่ 97 และ 98 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง

( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่า  $r_k$  ลดลงเมื่อ  $k$  เพิ่มขึ้น และ  $r_{11}$  มีค่าสูง และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ AR(1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ AR(1) มีดังนี้  $\delta = 272$ ,  $\phi_1 = 0.7$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 12.9 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่าความคลาด

เคลื่อนมีความเคลื่อนไหว ที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ AR(1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 99



ภาพที่ 99 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ (HotelOnline) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 100 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่

Auto- Stand.

Lag Corr. Err. -1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1 Box-Ljung Prob.

Lag	Corr.	Err.	Box-Ljung Prob.
1	.127	.174	.530 .467
2	.255	.171	2.753 .253
3	.215	.168	4.401 .221
4	.247	.165	6.650 .156
5	.192	.161	8.068 .153
6	.109	.158	8.547 .201
7	.218	.155	10.535 .160
8	.034	.151	10.585 .226
9	.094	.148	10.985 .277
10	-.058	.144	11.146 .346
11	.090	.141	11.555 .398
12	-.011	.137	11.561 .482
13	-.141	.133	12.684 .472
14	-.187	.129	14.791 .393
15	-.058	.125	15.006 .451
16	-.096	.121	15.642 .478

ภาพที่ 100 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

Pr-Aut- Stand.

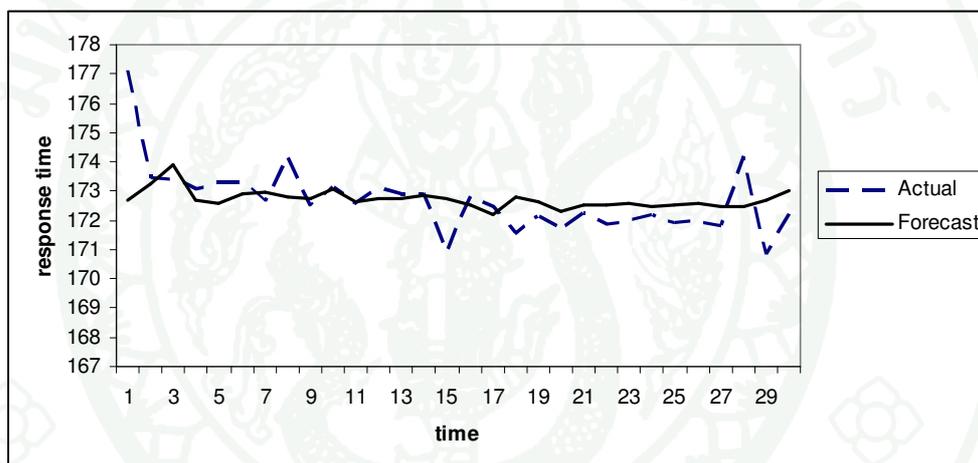
Lag Corr. Err. -1 -.75 -.5 -.25 0 .25 .5 .75 1

Lag	Corr.	Err.	Box-Ljung Prob.
1	.127	.183	.530 .467
2	.242	.183	2.753 .253
3	.173	.183	4.401 .221
4	.173	.183	6.650 .156
5	.095	.183	8.068 .153
6	-.025	.183	8.547 .201
7	.102	.183	10.535 .160
8	-.087	.183	10.585 .226
9	-.031	.183	10.985 .277
10	-.152	.183	11.146 .346
11	.030	.183	11.555 .398
12	-.018	.183	11.561 .482
13	-.165	.183	12.684 .472
14	-.219	.183	14.791 .393
15	.017	.183	15.006 .451
16	.009	.183	15.642 .478

ภาพที่ 101 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บการจองโรงแรมแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

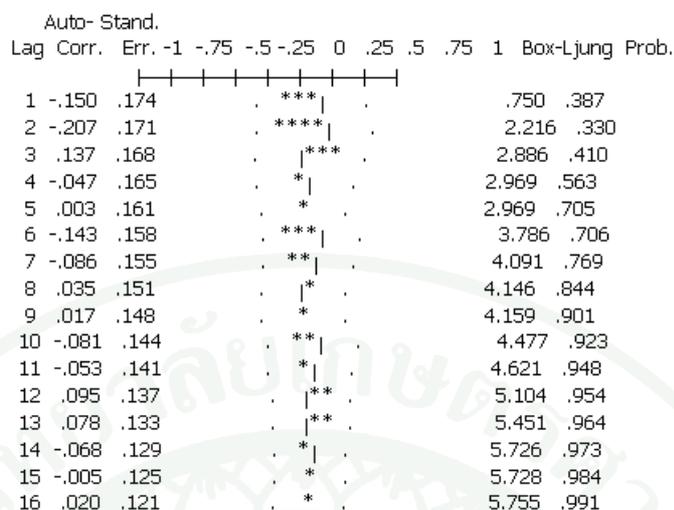
เมื่อพิจารณาภาพที่ 100 และ 101 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ (HotelOnline) และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์

สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่า  $r_1, r_2$  มีค่าสูง และ  $r_{kk}$  มีลดลง และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA(2) ค่าพารามิเตอร์ ที่ใช้กับตัวแบบ MA(2) มีดังนี้  $\mu = 172.71$   
 $\theta_1 = -0.11$ ,  $\theta_2 = -0.29$  ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ โดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 9.457 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ AR(1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 102

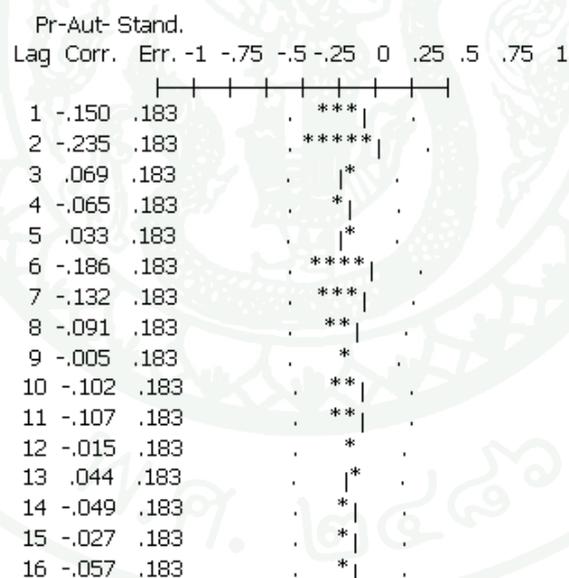


**ภาพที่ 102** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 103 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 104



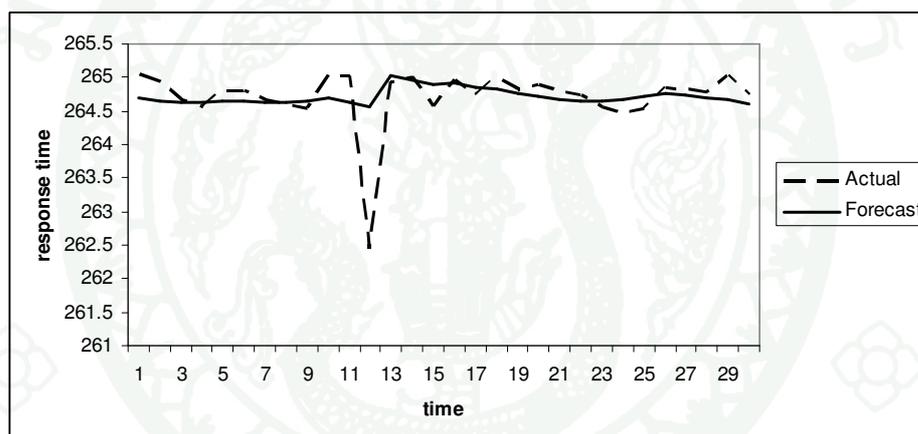
ภาพที่ 103 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบ  
รายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 104 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บการตรวจสอบ  
รายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

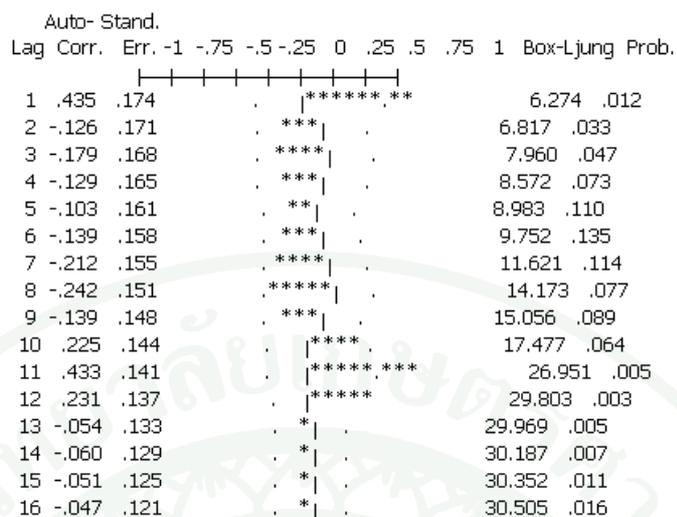
เมื่อพิจารณาภาพที่ 103 และ 104 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่า  
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการ

ตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่า  $r_1, r_{11}$  มีค่าต่ำ และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ ARMA(1,1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ ARMA(1,1) มีดังนี้  $\delta = 264.70$   $\phi_1 = 0.73614$ ,  $\theta_1 = 0.9966$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 4.387 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ ARMA(1,1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบ สนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 105

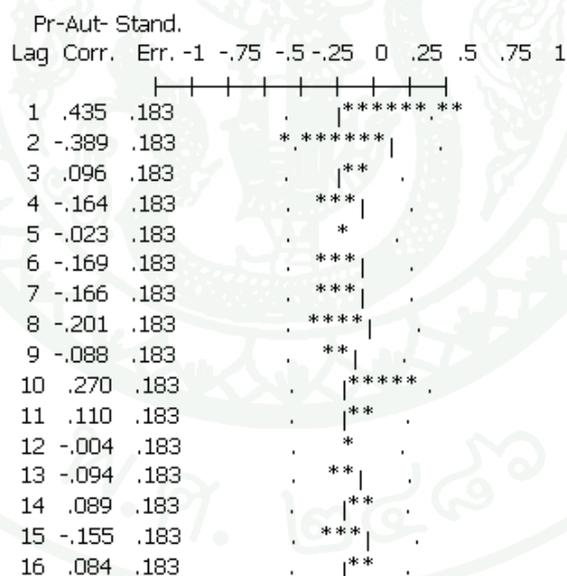


**ภาพที่ 105** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ (EHxchangeOnlineH) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 106 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 107



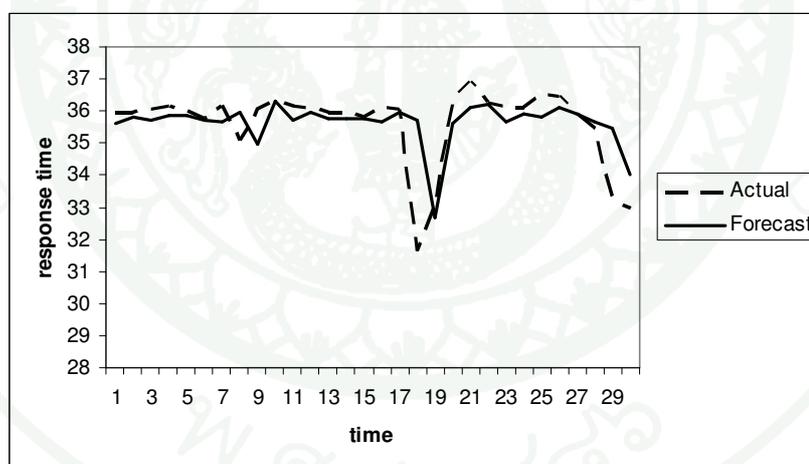
ภาพที่ 106 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบ อัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 107 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของ เว็บการตรวจสอบอัตรา แลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

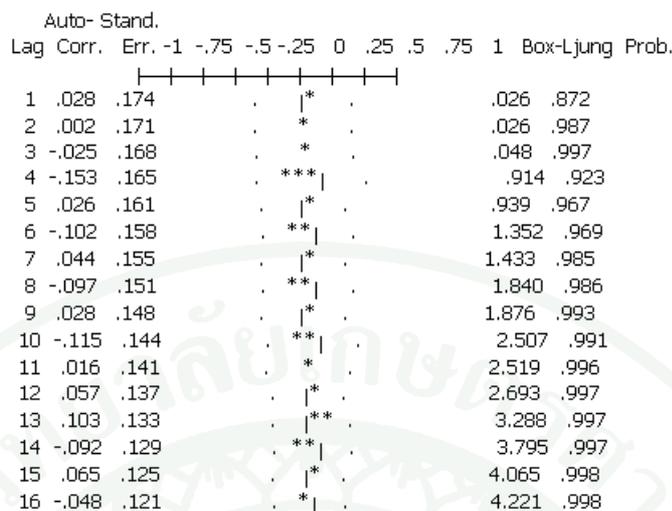
เมื่อพิจารณาภาพ ที่จำนวน 106 และ 107 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิส เว็บการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ (EHxchangeOnlineH) และเมื่อเปรียบเทียบกับ คอเรลโร

แกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง บางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่า  $r_1, r_{11}$  มีค่าสูง และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ ARMA(1,1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ ARMA(1,1) มีดังนี้  $\delta = 35.6, \phi_1 = 0.11, \theta_1 = -0.61$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้ตัวสถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 10.32 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ ARMA(1,1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 108

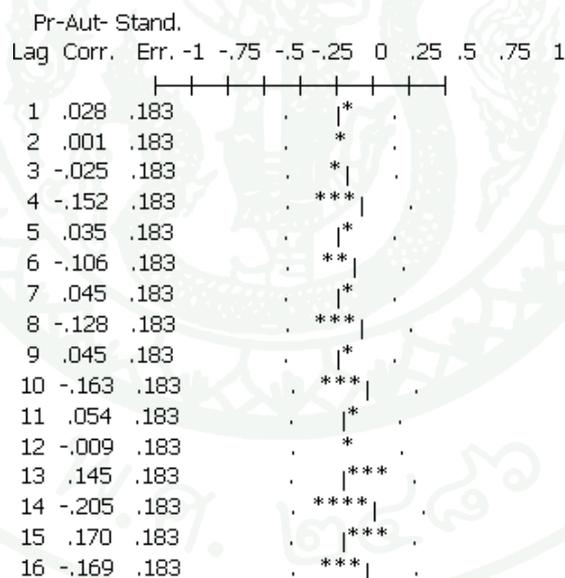


ภาพที่ 108 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์ของ เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ (WeatherOnline) ที่ จำนวน 5 การเชื่อมต่อ พิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 109 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 110



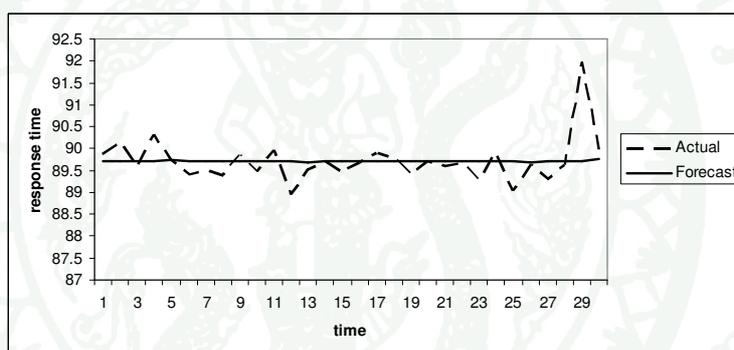
ภาพที่ 109 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 110 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เมื่อพิจารณาภาพ ที่จำนวน 109 และ 110 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อของเว็บเซอร์วิสการ

ตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ (WeatherOnline) และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่า  $r_1, r_{11}$  มีค่าสูง และเข้าใกล้ 0 เมื่อ k มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ ARMA(1,1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ ARMA(1,1) มีดังนี้  $\delta = 89.71$ ,  $\phi_1 = 0.074$   $\theta_1 = 0.047$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้ตัวสถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 3.928 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ ARMA(1,1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนาย เวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพ ที่จำนวน 111



**ภาพที่ 111** ผลการทำนายเวลาตอบสนอง ด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

2.1.3 ผลการวัดความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลองโดยใช้วิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ แสดงดังตารางที่ 22 และ 23

**ตารางที่ 22** ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

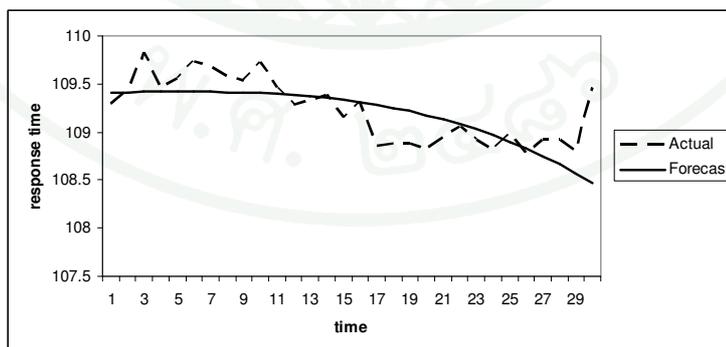
	เว็บเซอร์วิส 1 การเชื่อมต่อ				
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	0.20	10.31	16.18	2.93	0.66

**ตารางที่ 23** ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิธีการของบอกรีและเจนกินส์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 5 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	0.52	0.42	0.084	1.63	0.34

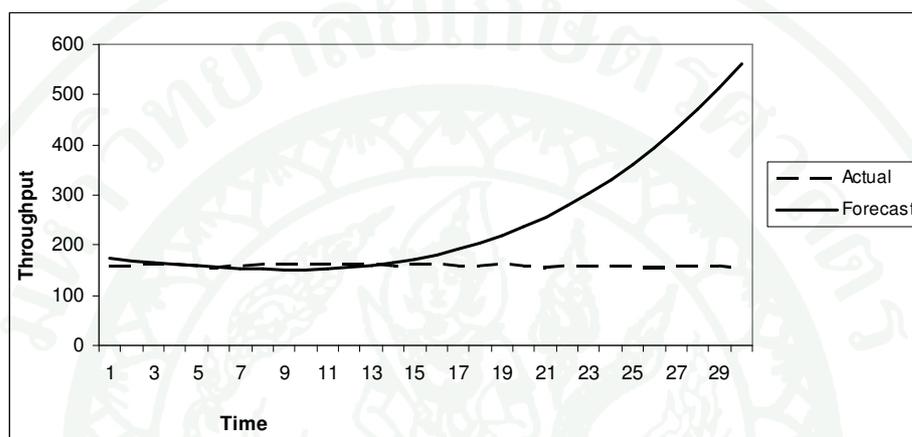
2.2 การทำนายเวลาตอบสนองโดยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้ง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลองแบบบอกรีและเจนกินส์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ พบกว่ามีความแม่นยำที่ค่อนข้างดี เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย จึงได้ทดลองการทำนายโดยใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

พิจารณาจากลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลองต่างๆ ซึ่งลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 ของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 109.574 - 0.033x + 0.0021x^2 - 0.000043x^3$  และเมื่อนำมาทำนายด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้ง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จะได้ผลการทำนายดังภาพที่ 112 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



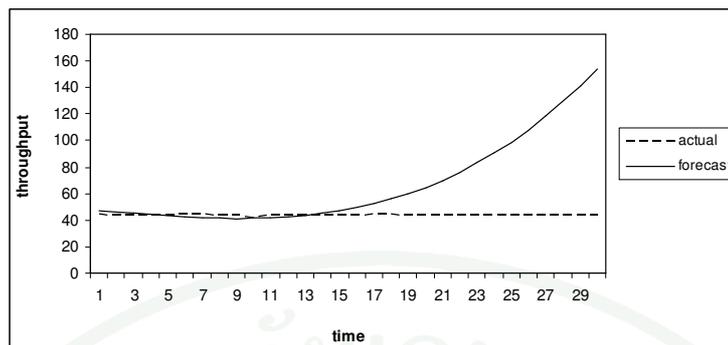
**ภาพที่ 112** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 37.205 + -0.753x + 0.198x^2 - 0.0052x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 113 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริงกับค่าทำนาย



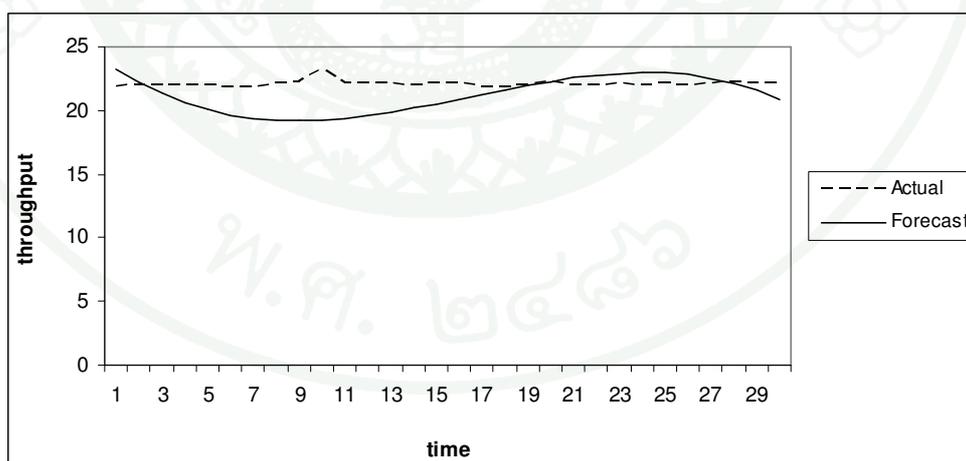
ภาพที่ 113 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 139.06 + 13.6x - 1.066x^2 + 0.0216x^3$  ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 114 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



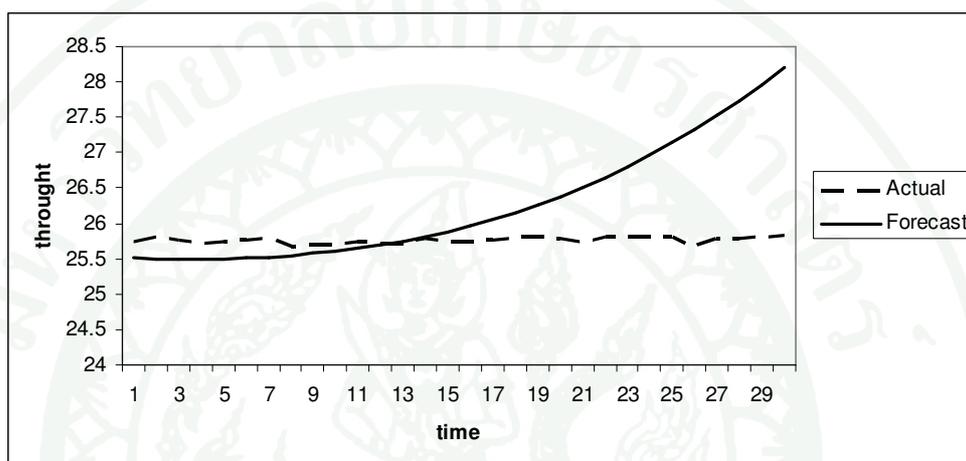
**ภาพที่ 114** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อคือ  $f(x) = 37.934 + 3.734790x - 0.292x^2 + 0.006x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 115 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



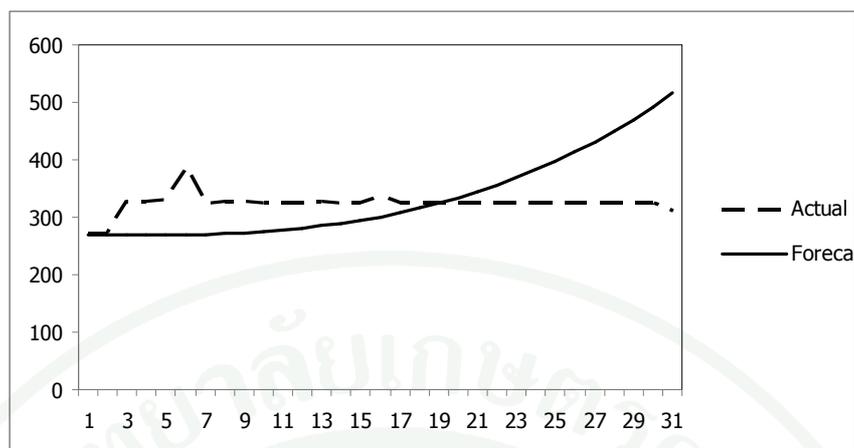
**ภาพที่ 115** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนาม  
 อันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบ  
 ออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 25.906 - .0242x - 0.00098x^2 + 0.000059x^3$   
 เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 116 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง  
 (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



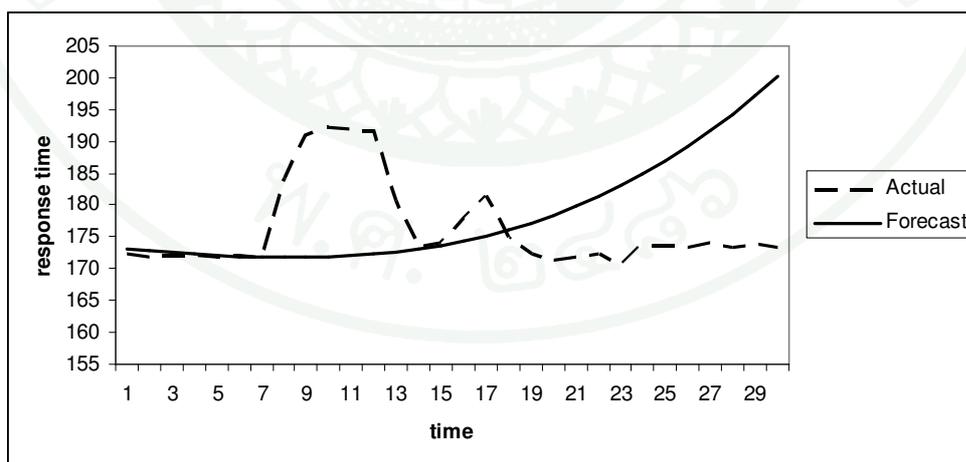
**ภาพที่ 116** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์  
 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนาม  
 อันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3  
 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ 5 การเชื่อมต่อ คือ  
 $f(x) = 265.4043 + 3.212x - 0.304x^2 + 0.0077x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 117  
 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



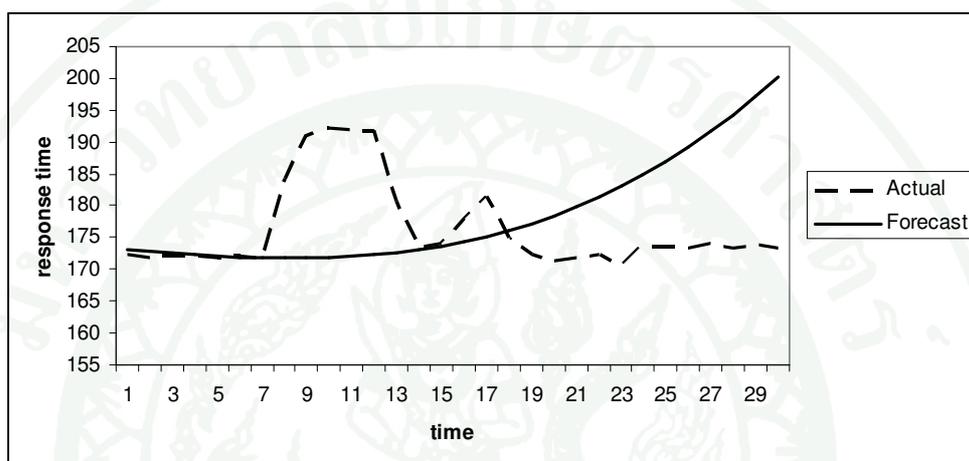
**ภาพที่ 117** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ การเชื่อมต่อด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ (HotelOnline) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อคือ  $f(x) = 174.819917 + 0.380002x - 0.05x^2 + 0.0012x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 118 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง กับค่าทำนาย



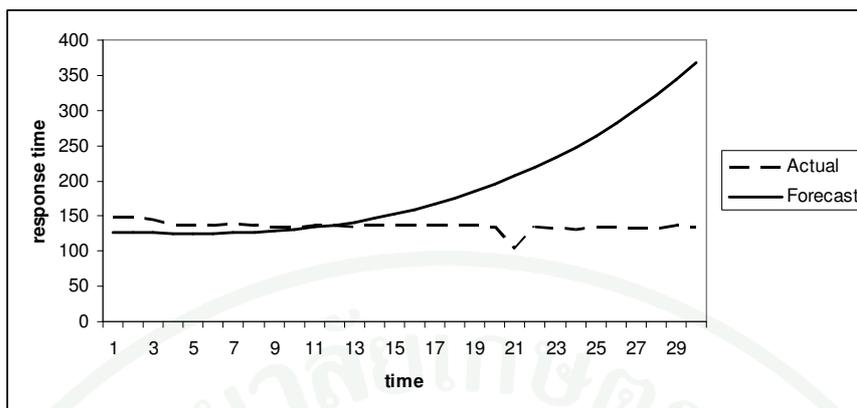
**ภาพที่ 118** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนาม  
 อันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือ  
 แบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 139.06 + 13.65x - 1.066x^2 + 0.0226x^3$   
 เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 119 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูล  
 จริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



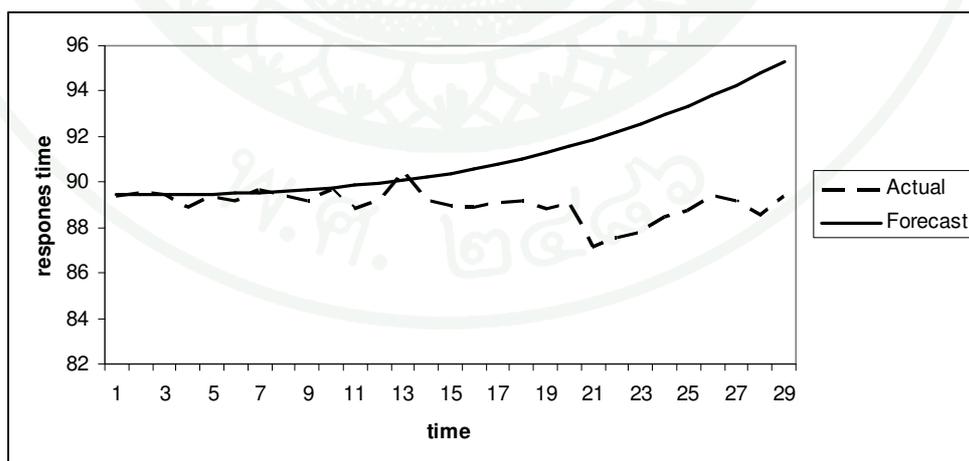
**ภาพที่ 119** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือ  
 แบบออนไลน์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของ  
 ข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3  
 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์  
 (EHxchangeOnlineH) ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อคือ  
 $f(x) = 37.06 - 0.76x + 0.099x^2 - 0.0027x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 120 ซึ่งเป็น  
 กราฟเปรียบเทียบความแตกต่าง ระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



**ภาพที่ 120** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ คือ  $f(x) = 89.86 + 0.0036x - 0.0044x^2 + 0.000161x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 121 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



**ภาพที่ 121** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

2.2.1 ผลการวัดความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ดังตารางที่ 24 และ 25

**ตารางที่ 24** ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนอง โดยการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสม ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 1 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	0.20	10.31	55.70	54.98	2.50

**ตารางที่ 25** ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนอง โดยการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสม ในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 5 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	18.75	5.37	32.26	46.38	2.40

2.3 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยใช้การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายจากการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลองแบบบอซซ์และเจนกินส์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย จึงได้ทดลองการทำนายโดยใช้การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กำหนดให้ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) งานวิจัยนี้ได้จึงได้กำหนดให้ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) ที่เหมาะสมให้กับข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ โดยพิจารณาจากค่า SSE ที่ต่ำที่สุด แสดงดังตารางที่ 26

ตารางที่ 26 ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

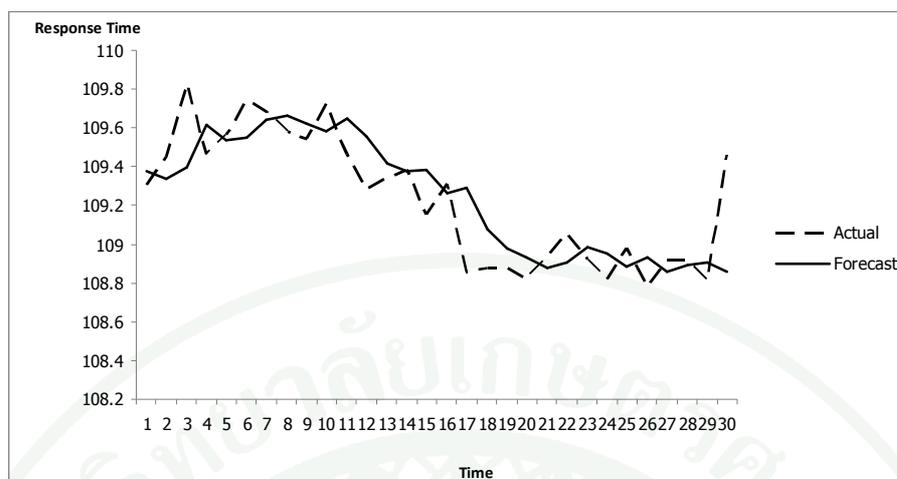
เว็บเซอร์วิส 1 การเชื่อมต่อ									
SellingOnline		HotelOnline		BookOnline		EHxchangeOnline		WeatherOnline	
$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE
0.5	1.8657	1	542.07	0.2	26335.13	0.3	1677.2	0.3	482.6

กำหนดค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) ที่เหมาะสมให้กับข้อมูลปริมาณงานของเว็บเซอร์วิสที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ โดยพิจารณาจากค่า SSE ที่ต่ำที่สุด แสดงดังตารางที่ 27

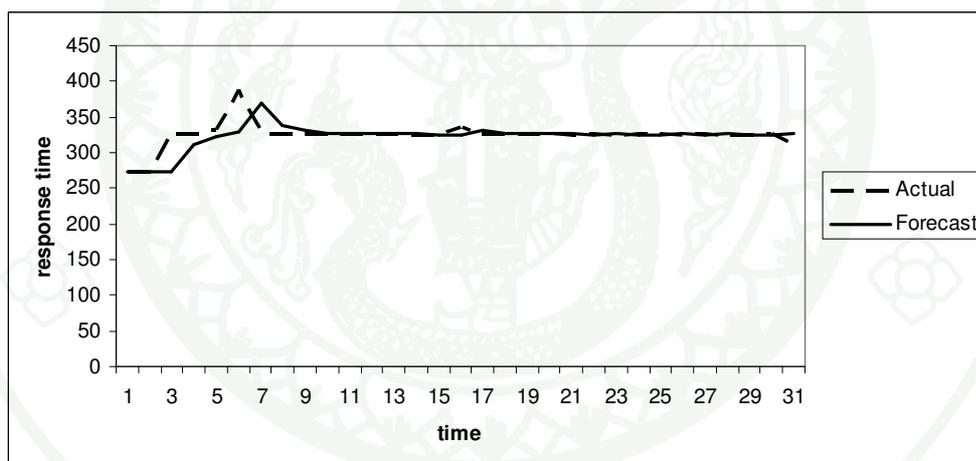
ตารางที่ 27 ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิสจำลอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 5 การเชื่อมต่อ									
SellingOnline		HotelOnline		BookOnline		EHxchangeOnline		WeatherOnline	
$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE	$\alpha$	SSE
0.7	9919.34	1	9859.9	1	24050.3	0.4	6496.5	0.3	21.05

2.3.1 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 122 และ 123

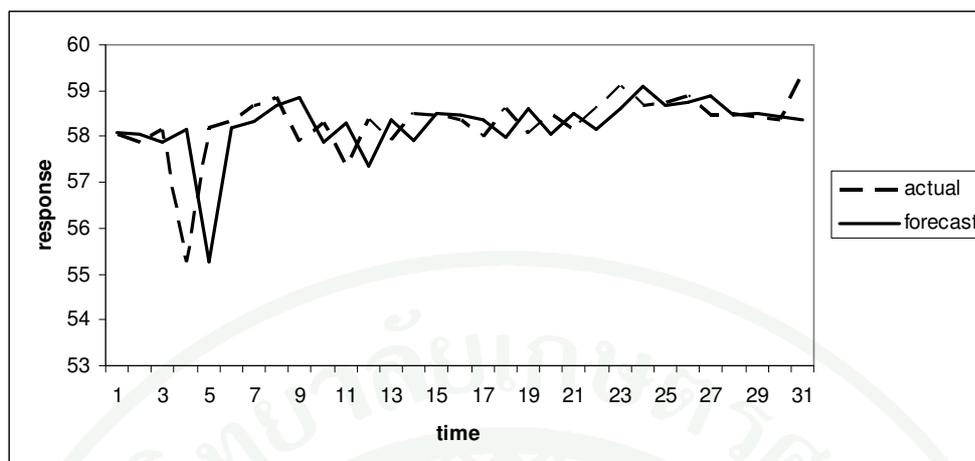


ภาพที่ 122 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

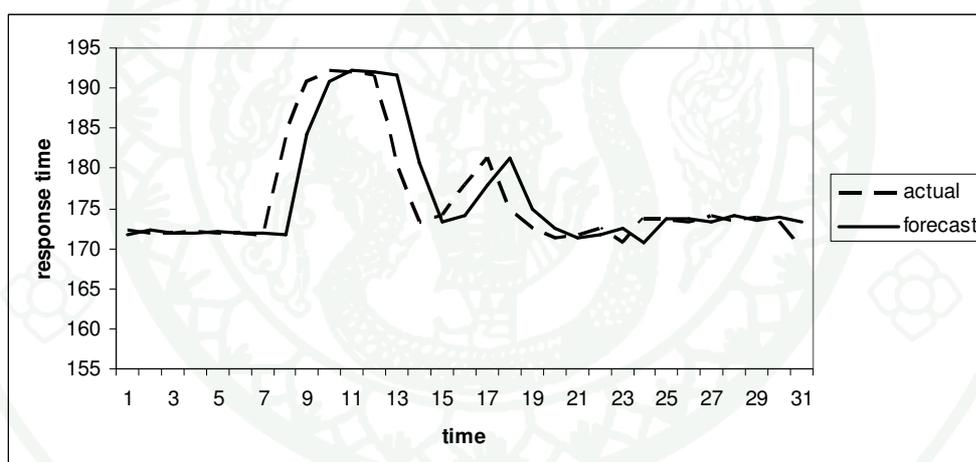


ภาพที่ 123 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการขายสินค้าออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรม ออนไลน์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ แสดงดังภาพที่ 124 และ 125

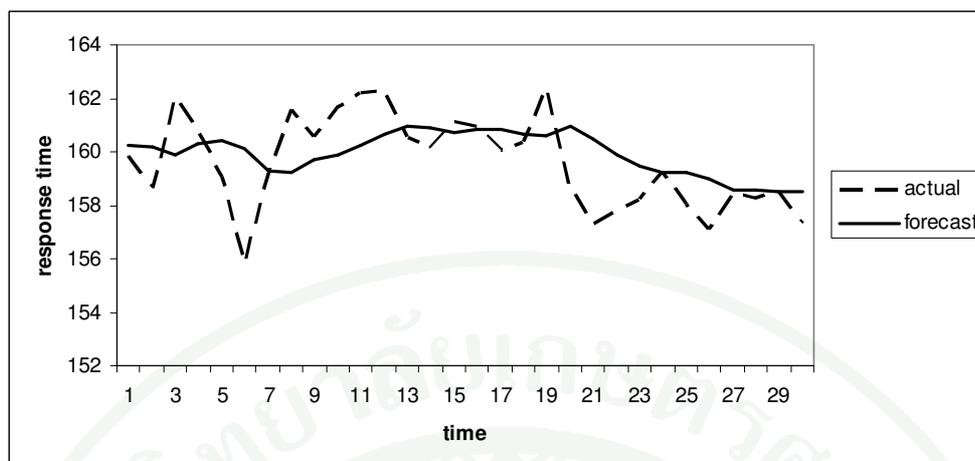


ภาพที่ 124 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

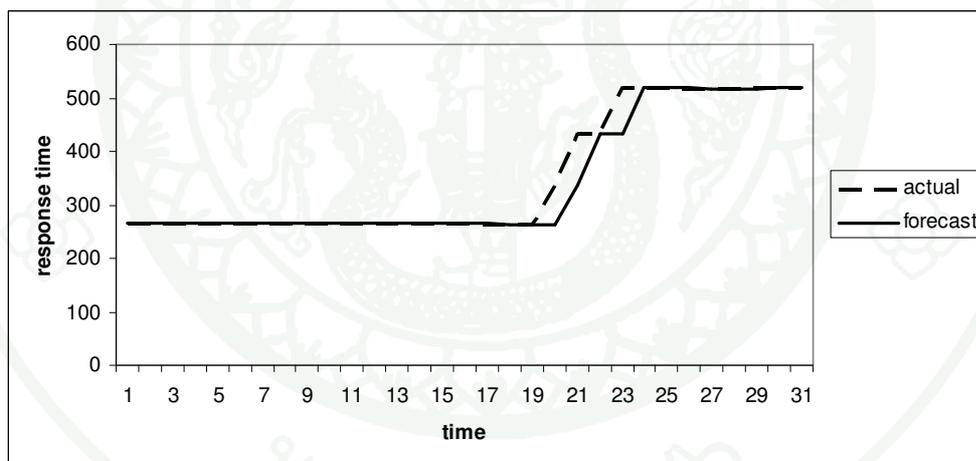


ภาพที่ 125 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการจองโรงแรมออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 126 และ 127

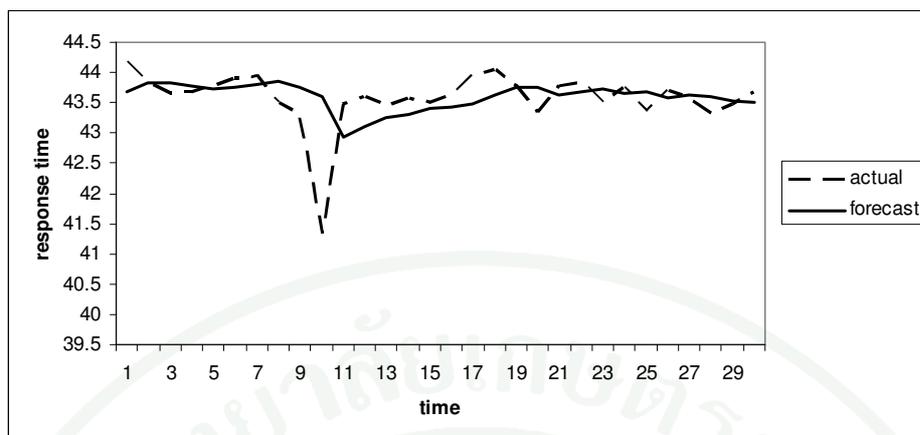


ภาพที่ 126 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

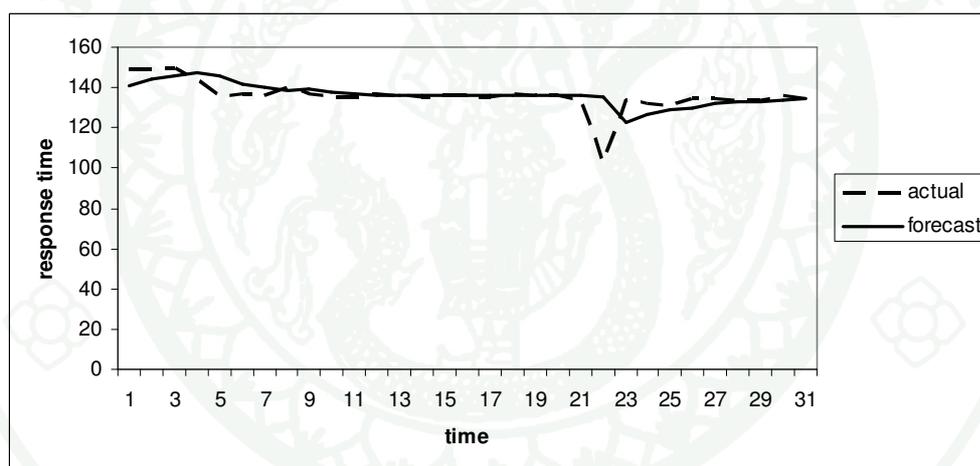


ภาพที่ 127 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 128 และ 129

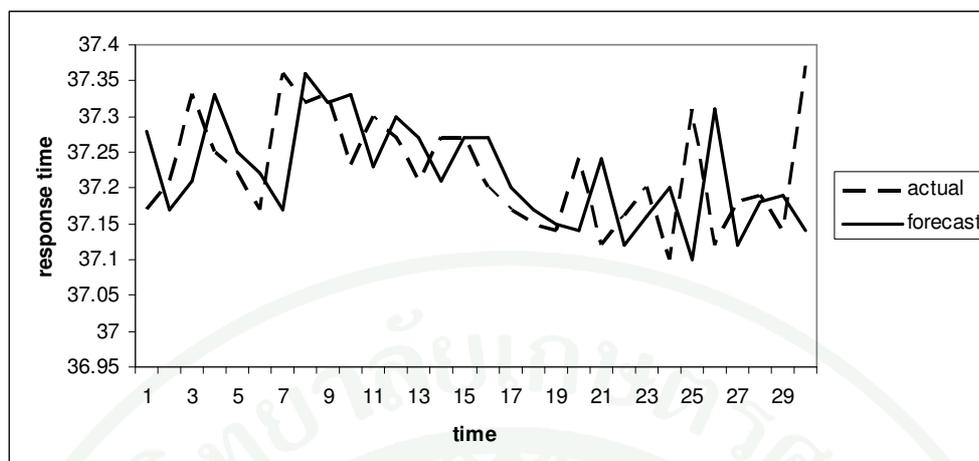


ภาพที่ 128 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

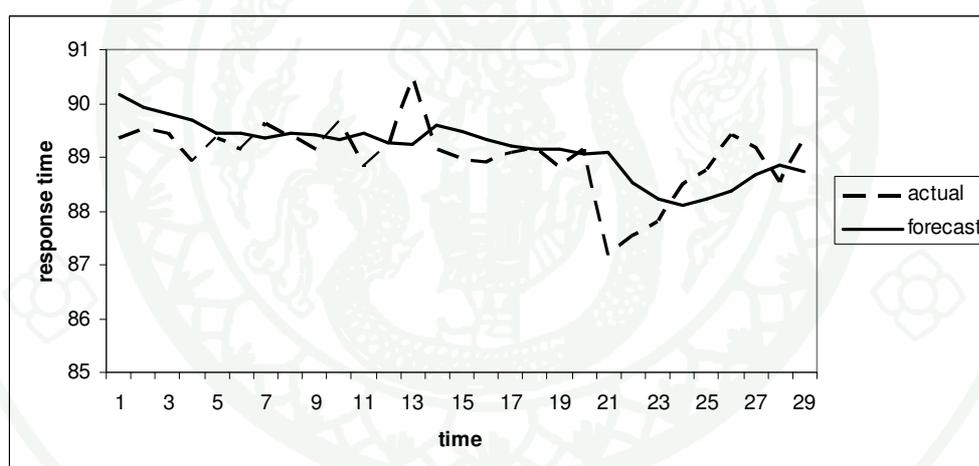


ภาพที่ 129 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบอัตราแลกเปลี่ยนเงินออนไลน์ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ดังภาพที่ 130 และ 131



ภาพที่ 130 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย



ภาพที่ 131 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศแบบออนไลน์ ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ ด้วยวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

2.3.2 ผลการวัดความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส  
จำลองโดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ดังตารางที่ 28 และ 29

**ตารางที่ 28** ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของข้อมูลเวลาตอบสนอง จากเว็บเซอร์วิสจำลองที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 1 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	0.14	0.98	0.8	0.7	0.2

**ตารางที่ 29** ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจำลอง โดยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของข้อมูลเวลาตอบสนอง จากเว็บเซอร์วิสจำลองที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

เว็บเซอร์วิส 5 การเชื่อมต่อ					
	SellingOnline	HotelOnline	BookOnline	EHxchangeOnline	WeatherOnline
MAPE	0.11	1.32	2.12	3.07	0.53

2.4 ผลทำนายเวลาตอบสนองของข้อมูลที่ได้จาก WS-DREAM dataset โดยวิธีของบอชซ์และเจนกินส์ จากการทดลองทำนายปริมาณงานและเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสที่ได้จำลองขึ้นแล้ว นอกจากนี้ยังได้ ทดลองทำนายโดยใช้ข้อมูลเวลาตอบสนองที่ได้จาก WS-DREAM dataset ซึ่งได้เลือก 5 เว็บเซอร์วิส เพื่อทดลองทำนายโดยวิธีของบอชซ์และเจนกินส์ ได้ผลการทดลองดังนี้

2.4.1 การกำหนดตัวแบบให้กับข้อมูลอนุกรมเวลาของเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจาก WS-DREAM dataset ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิส WSID1 เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพ ที่ 132 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 133

Auto- Stand.

Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung Prob.
1	.038	.137	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.076 .783
2	-.021	.136	.	*	.	.	.	.	.	.	.	.100 .951
3	-.137	.134	.	***	.	.	.	.	.	.	.	1.132 .769
4	-.112	.133	.	**	.	.	.	.	.	.	.	1.844 .764
5	.082	.132	.	**	.	.	.	.	.	.	.	2.237 .815
6	.005	.130	.	*	.	.	.	.	.	.	.	2.239 .896
7	-.113	.129	.	**	.	.	.	.	.	.	.	3.009 .884
8	-.194	.127	.	****	.	.	.	.	.	.	.	5.350 .720
9	-.109	.126	.	**	.	.	.	.	.	.	.	6.106 .729
10	.111	.124	.	**	.	.	.	.	.	.	.	6.912 .734
11	.252	.122	.	*****	.	.	.	.	.	.	.	11.158 .430
12	-.027	.121	.	*	.	.	.	.	.	.	.	11.209 .511
13	-.063	.119	.	*	.	.	.	.	.	.	.	11.488 .570
14	-.051	.118	.	*	.	.	.	.	.	.	.	11.676 .632
15	.057	.116	.	*	.	.	.	.	.	.	.	11.919 .685
16	.169	.114	.	***	.	.	.	.	.	.	.	14.104 .591

ภาพที่ 132 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1

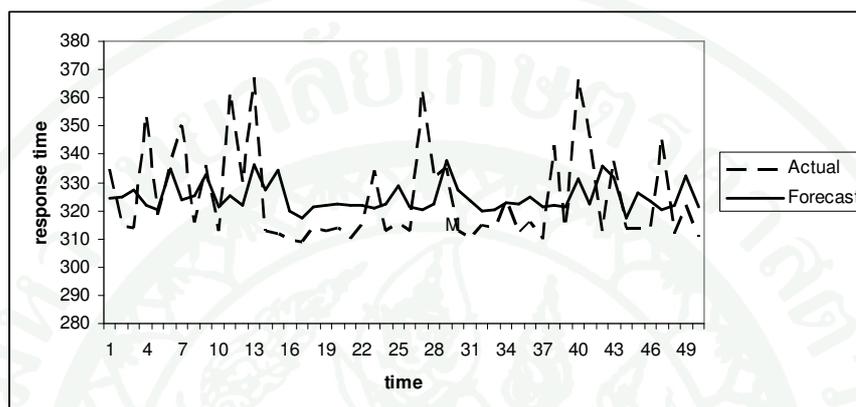
Pr-Aut- Stand.

Lag	Corr.	Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1
1	.038	.141	.	*	.	.	.	.	.	.	.
2	-.023	.141	.	*	.	.	.	.	.	.	.
3	-.135	.141	.	***	.	.	.	.	.	.	.
4	-.105	.141	.	**	.	.	.	.	.	.	.
5	.086	.141	.	**	.	.	.	.	.	.	.
6	-.022	.141	.	*	.	.	.	.	.	.	.
7	-.145	.141	.	***	.	.	.	.	.	.	.
8	-.187	.141	.	****	.	.	.	.	.	.	.
9	-.096	.141	.	**	.	.	.	.	.	.	.
10	.074	.141	.	*	.	.	.	.	.	.	.
11	.190	.141	.	****	.	.	.	.	.	.	.
12	-.092	.141	.	**	.	.	.	.	.	.	.
13	-.057	.141	.	*	.	.	.	.	.	.	.
14	.020	.141	.	*	.	.	.	.	.	.	.
15	.056	.141	.	*	.	.	.	.	.	.	.
16	.081	.141	.	**	.	.	.	.	.	.	.

ภาพที่ 133 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1

เมื่อพิจารณาภาพที่ 132 และ 133 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ของเว็บเซอร์วิส WSID1 และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) มีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA (2) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ MA (2) มีดังนี้  $\mu = 324.45$ ,  $\theta_1 = -0.0068$ ,  $\theta_2 = -0.31$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้ตัวสถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับ

ที่ 14 คือ 8.11 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ MA (2) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 134



ภาพที่ 134 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1 ด้วยวิธีการบอซซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิส WSID2 เมื่อพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 135 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 136

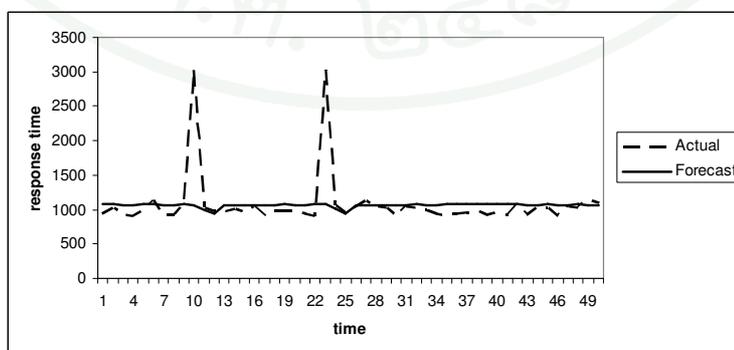
Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	Box-Ljung Prob.										
			-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1		
1	-.033	.099					*					.115	.735
2	-.058	.098					*					.468	.791
3	-.024	.098					*					.529	.912
4	-.019	.097					*					.566	.967
5	-.051	.097					*					.843	.974
6	-.064	.096					*					1.287	.972
7	-.073	.095					*					1.868	.967
8	-.041	.095					*					2.050	.979
9	-.065	.094					*					2.517	.980
10	-.077	.094					**					3.189	.977
11	.208	.093					*	****				8.137	.701
12	-.079	.093					**	*				8.856	.715
13	.182	.092					*	****				12.756	.467
14	-.001	.092					*	*				12.756	.546
15	-.030	.091					*	*				12.866	.613
16	-.059	.091					*	*				13.285	.652

ภาพที่ 135 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID2

Lag	Pr-Aut-Corr.	Stand. Err.	
1	-.033	.100	. *
2	-.059	.100	. *
3	-.028	.100	. *
4	-.024	.100	. *
5	-.056	.100	. *
6	-.072	.100	. *
7	-.087	.100	. **
8	-.061	.100	. *
9	-.090	.100	. **
10	-.108	.100	. **
11	-.176	.100	. ****
12	-.103	.100	. **
13	.190	.100	. ****
14	-.021	.100	. *
15	-.023	.100	. *
16	-.064	.100	. *

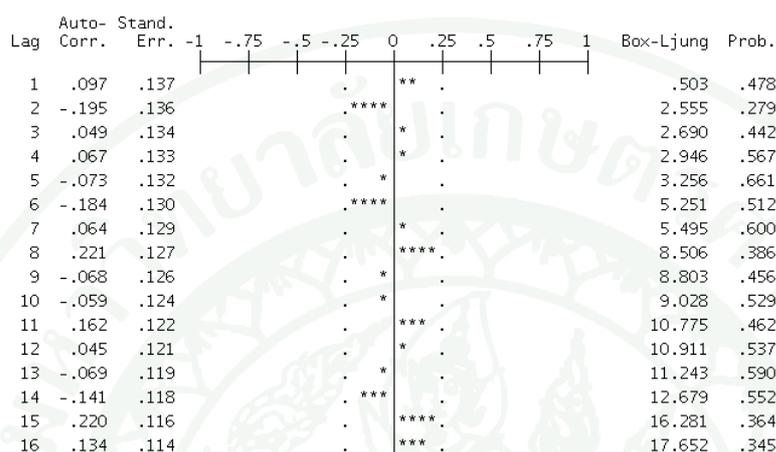
ภาพที่ 136 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID2

เมื่อพิจารณาภาพที่ 135 และ 136 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ของเว็บเซอร์วิส WSID2 เมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่า  $r_{11}, r_{22}$  มีค่าสูง และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ AR (2) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ AR (2) มีดังนี้  $\delta = 1062.57$   $\phi_1 = -0.035$ ,  $\phi_2 = -0.058$  เมื่อ ตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้สถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 13.35 ซึ่ง น้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและตัวแบบ AR (2) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอซซ์และเจนกินส์แสดง โดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 137

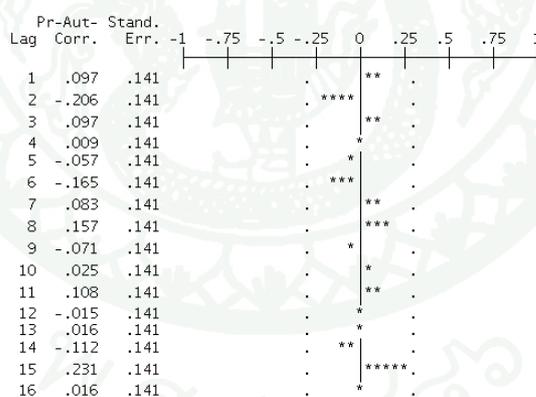


ภาพที่ 137 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID2 ด้วยวิธีการบอซซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิส WSID1527 เมื่อพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 138 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 139



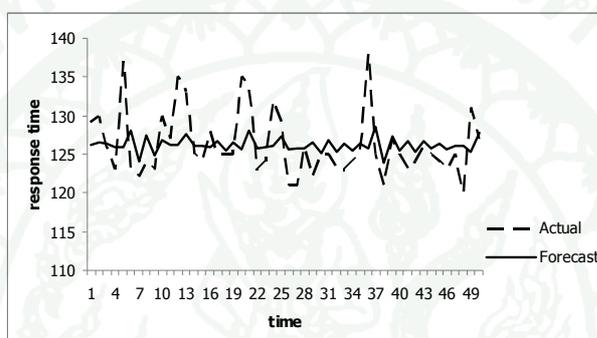
ภาพที่ 138 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1527



ภาพที่ 139 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1527

เมื่อพิจารณาภาพที่ 138 และ 139 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ของเว็บเซอร์วิส WSID1527 และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรมของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) ของตัวแบบต่างๆ จะเห็นว่า  $r_1, r_{11}$  มีค่าสูง และเข้าใกล้ 0 เมื่อ  $k$  มีค่าเพิ่มขึ้น จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ ARMA(1,1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ

ARMA(1,1) มีดังนี้  $\delta = 126.20$ ,  $\phi_1 = -0.7$ ,  $\theta_1 = -0.8$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้ตัวสถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 9.42 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ ARMA(1,1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบ็อกซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 140

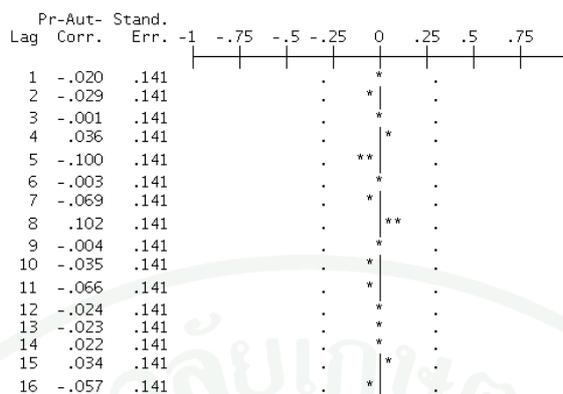


ภาพที่ 140 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID1527 ด้วยวิธีการบ็อกซ์และเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิส WSID1580 เมื่อพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 141 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนและคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพ ที่จำนวน 142

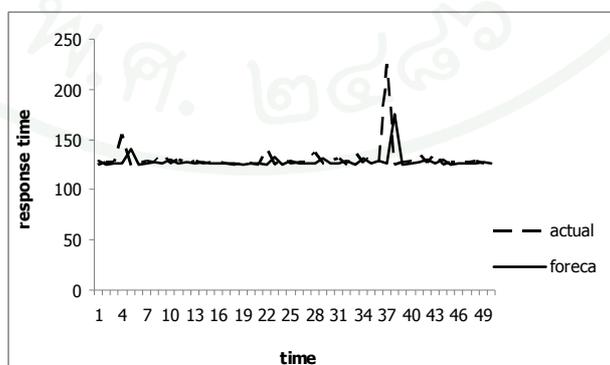
Lag	Auto-Corr.	Stand. Err.	-1	-.75	-.5	-.25	0	.25	.5	.75	1	Box-Ljung	Prob.
1	-.020	.137					*					.022	.882
2	-.028	.136					*					.066	.968
3	.000	.134					*					.066	.996
4	.036	.133					*					.140	.998
5	-.101	.132					**					.735	.981
6	-.001	.130					*					.735	.994
7	-.062	.129					*					.969	.995
8	.105	.127					**					1.646	.990
9	-.009	.126					*					1.651	.996
10	-.031	.124					*					1.713	.998
11	-.067	.122					*					2.008	.998
12	-.001	.121					*					2.008	.999
13	-.040	.119					*					2.118	1.000
14	-.025	.118					*					2.163	1.000
15	.024	.116					*					2.205	1.000
16	-.034	.114					*					2.292	1.000

ภาพที่ 141 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1580



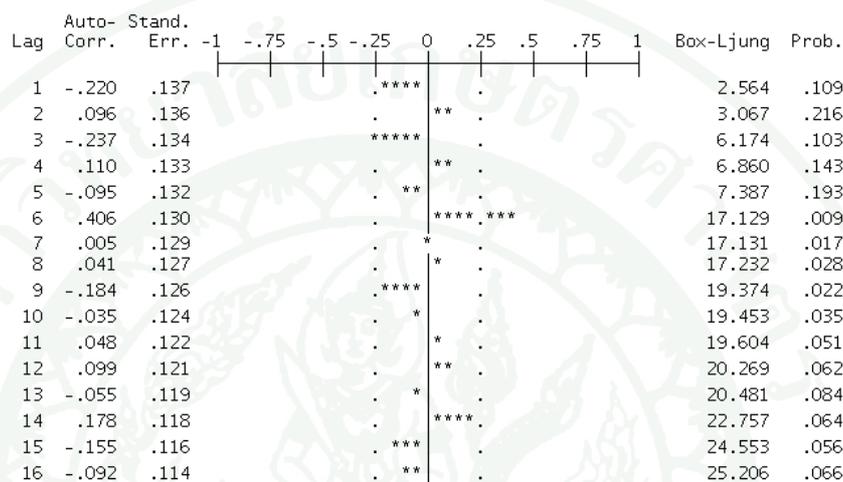
ภาพที่ 142 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID1580

เมื่อพิจารณาภาพ ที่จำนวน 142 และ 143 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ของเว็บเซอร์วิส WSID1580 และเมื่อเปรียบเทียบกับคอเรลโรแกรม ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ AR(1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ AR(1) มีดังนี้  $\delta = 125.756$ ,  $\phi_1 = -0.02$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้ตัวสถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อนลำดับที่ 14 คือ 2.1 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันและ ตัวแบบ AR(1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอกรีและเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่ 143

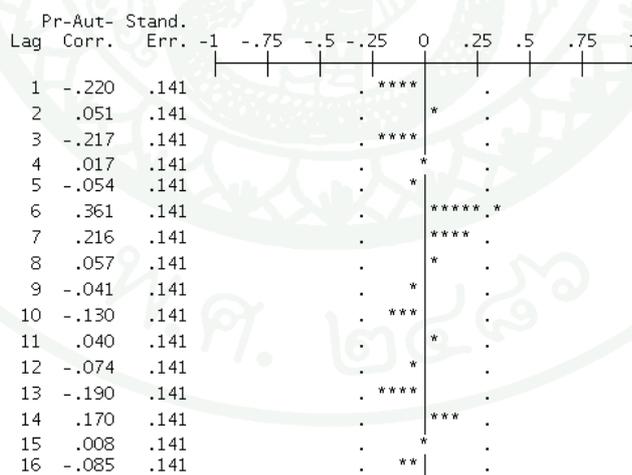


ภาพที่ 143 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID1580 ด้วยวิธีการบอกรีและเจนกินส์

ตัวแบบสำหรับเว็บเซอร์วิส WSID18583 เมื่อพิจารณาจากสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ดังภาพที่ 144 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) และคอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ดังภาพที่ 145



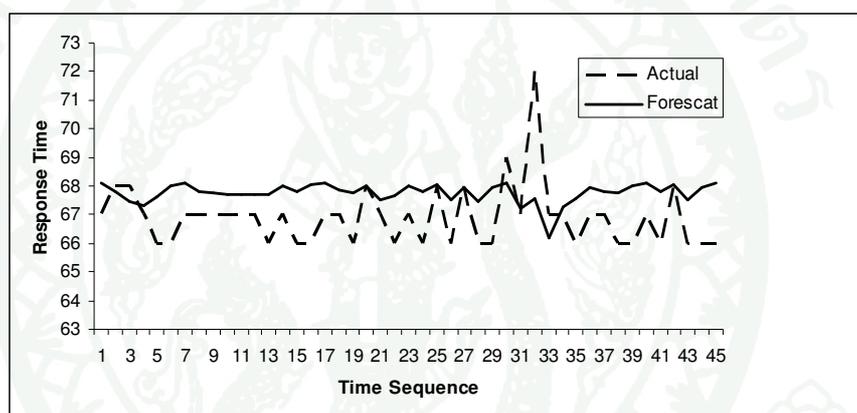
ภาพที่ 144 คอเรลโรแกรมของ  $r_k$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID18583



ภาพที่ 145 คอเรลโรแกรมของ  $r_{kk}$  ที่ได้จากข้อมูลเวลาตอบสนองของเซอร์วิส WSID18583

เมื่อพิจารณาภาพที่ 144 และ 145 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $r_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $r_{kk}$ ) ของเว็บเซอร์วิส WSID18583 และเมื่อเปรียบ

เทียบกับคอเรลโรแกรม ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเอง ( $\rho_k$ ) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน ( $\rho_{kk}$ ) จึงมีความเหมาะสมกับตัวแบบ MA(1) ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับตัวแบบ MA(1) มีดังนี้  $\mu = 68.14$ ,  $\theta_1 = 0.217$  เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบโดยใช้ตัวสถิติของ Box and Liung พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองของความคลาดเคลื่อน ลำดับที่ 14 คือ 19.13 ซึ่งน้อยกว่า  $\chi^2_{0.05,14} = 23.68$  แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีความเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระต่อกันหรือ ตัวแบบ MA(1) เหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์แสดงโดยกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ดังภาพที่จำนวน 146



ภาพที่ 146 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID18583 ด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์

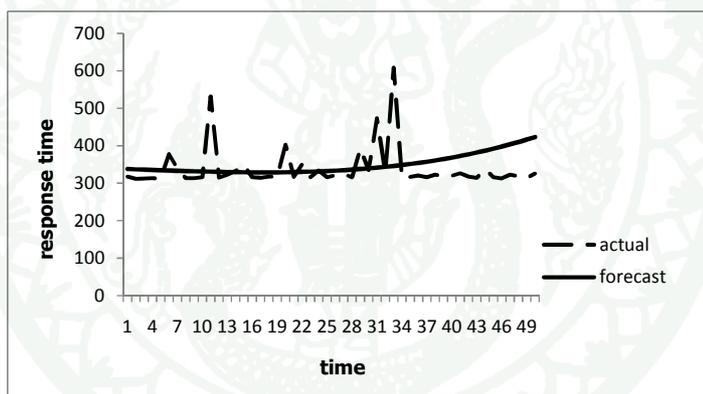
2.4.2 ผลการวัดความแม่นยำของการทำนายข้อมูลเวลาตอบสนองจาก WS-DREAM dataset ด้วยวิธีการบอชซ์และเจนกินส์ แสดงดังตารางที่ 30

ตารางที่ 30 ความแม่นยำของการทำนาย เวลาตอบสนองของ WS-DREAM dataset ด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์

	web service name				
	WSID1	WSID2	WSID1527	WSID1580	WSID18583
MAPE	3.95	11.03	3.59	4.88	1.76

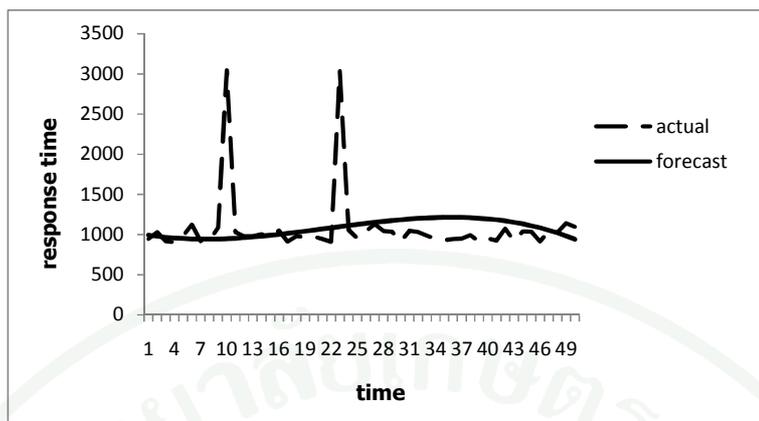
2.5 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส จาก WS-DREAM dataset โดยใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด จากการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจาก WS-DREAM dataset ด้วยวิธีแบบบอกรีและเจนกินส์ พบกว่ามีความแม่นยำที่ค่อนข้างดี เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย จึงได้ทดลองการทำนายโดยใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด เว็บเซอร์วิส WSID1 คือ  $f(x) = 335.24 + 1.73x - 0.092x^2 + 0.0011x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 147 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง ค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



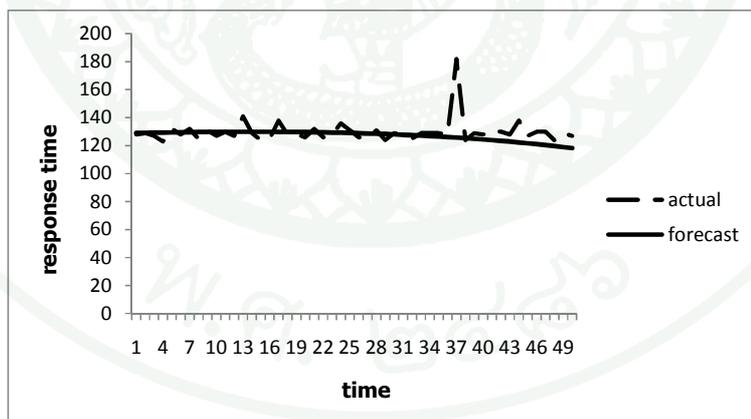
ภาพที่ 147 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1 การประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิส WSID2 คือ  $f(x) = 1012.118 - 19.411x + 1.55x^2 - 0.025x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 148 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



ภาพที่ 148 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID2 การประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

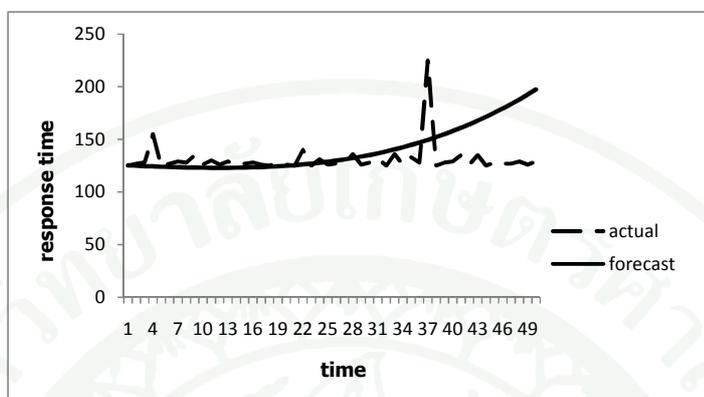
ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุดของจากเว็บเซอร์วิส WSID1527 คือ  $f(x) = 126.3 + 0.046x + 0.0047x^2 + -0.000084x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 149 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



ภาพที่ 149 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1527 การประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

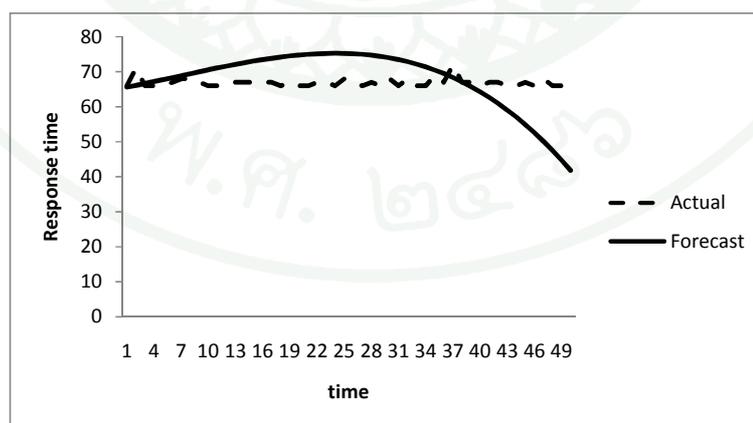
ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิส WSID1580 คือ  $f(x) = 123.113$

$+ 0.947x + -0.051x^2 + 0.0007x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 150 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



**ภาพที่ 150** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1580 การประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ลักษณะของเส้นโค้งที่ได้จากการประมาณค่าเวลาตอบสนอง ด้วยฟังก์ชันพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ของเว็บเซอร์วิส WSID18583 คือ  $f(x) = 65.105 + 0.473x + 0.0134x^2 + -0.00064x^3$  เมื่อนำมาทำนายจะได้ผล ดังภาพที่ 151 ซึ่งเป็นกราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast)



**ภาพที่ 151** ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID18583 การประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

2.5.1 ผลการวัดความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส จำลองโดยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ดังตารางที่ 31

ตารางที่ 31 ความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของ WS-DREAM dataset ด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

	web service name				
	WSID1	WSID2	WSID1527	WSID1580	WSID18583
MAPE	12.0	14.8	3.7	13	10

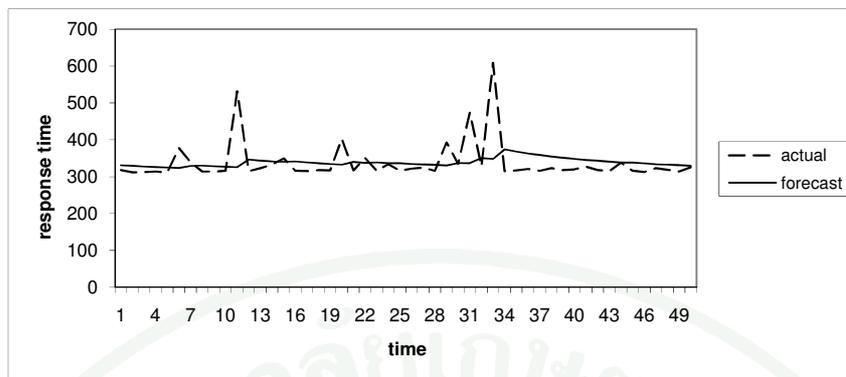
2.6 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสจาก WS-DREAM dataset ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย จากการทำนายเวลาตอบสนองจาก WS-DREAM dataset แบบบ็อกซ์และเจนกินส์ และเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย จึงได้ทดลองการทำนายโดยใช้การปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

งานวิจัยนี้ได้กำหนดให้ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) ที่เหมาะสมให้กับข้อมูลเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส จาก WS-DREAM dataset โดยพิจารณาจากค่า SSE ที่ต่ำที่สุด แสดงดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ค่าปรับให้เรียบ ( $\alpha$ ) และค่า SSE ของเวลาตอบสนองจากเว็บเซอร์วิส WS-DREAM Dataset

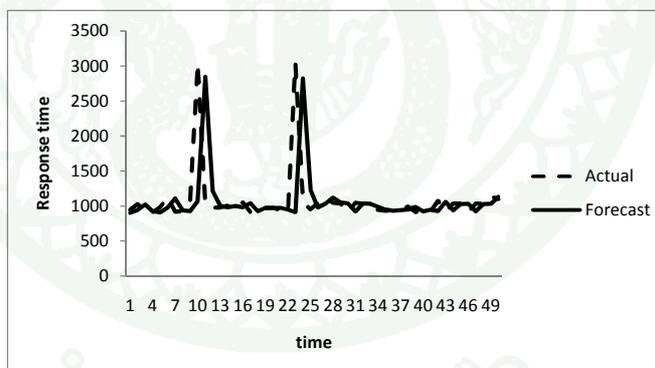
	web service name				
	WSID1	WSID2	WSID1527	WSID1580	WSID18583
$\alpha$	0.8	0.9	0.9	0.1	0.1

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของเว็บเซอร์วิส WSID1 ดังภาพที่ 152



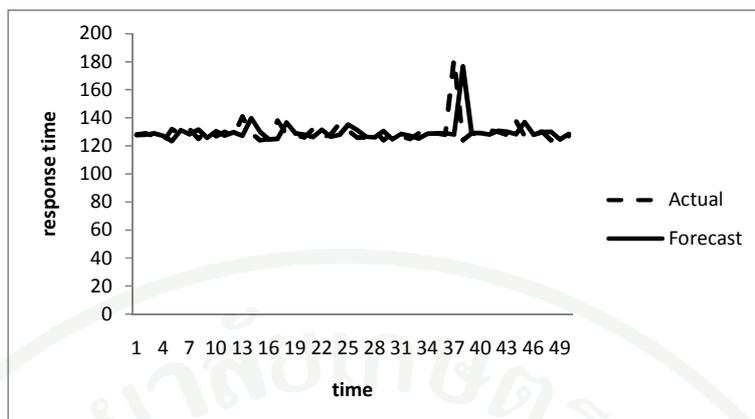
ภาพที่ 152 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID1 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของเว็บเซอร์วิส WSID2 ดังภาพที่ 153



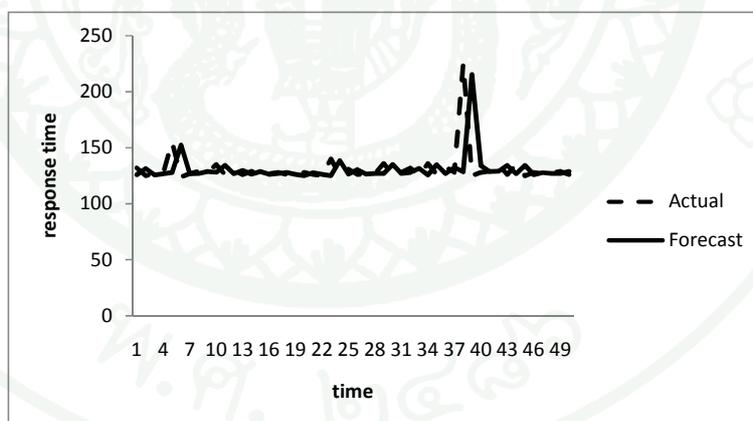
ภาพที่ 153 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส WSID2 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของเว็บเซอร์วิส WSID1527 ดังภาพที่ 154



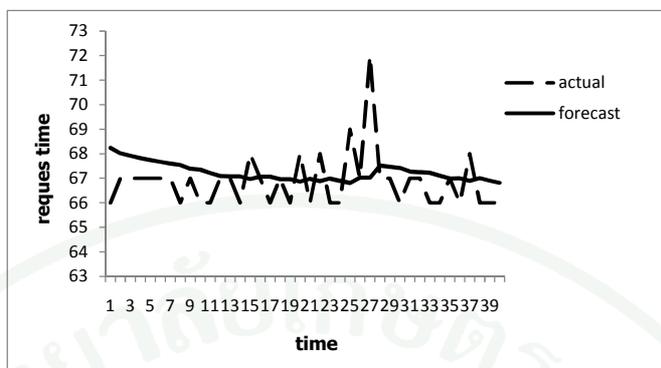
ภาพที่ 154 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1527 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย ของเว็บเซอร์วิส WSID1580 ดังภาพที่ 155



ภาพที่ 155 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID1580 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าข้อมูลจริง (actual) กับค่าทำนาย (forecast) ของเวลาตอบสนองด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของเว็บเซอร์วิส WSID18583 ดังภาพที่ 156



ภาพที่ 156 ผลการทำนายเวลาตอบสนองของ เว็บเซอร์วิส WSID18583 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

2.6.1 ผลการวัดความแม่นยำของการทำนายด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายของข้อมูลเวลาตอบสนองของ WS-DREAM dataset ดังตารางที่ 33

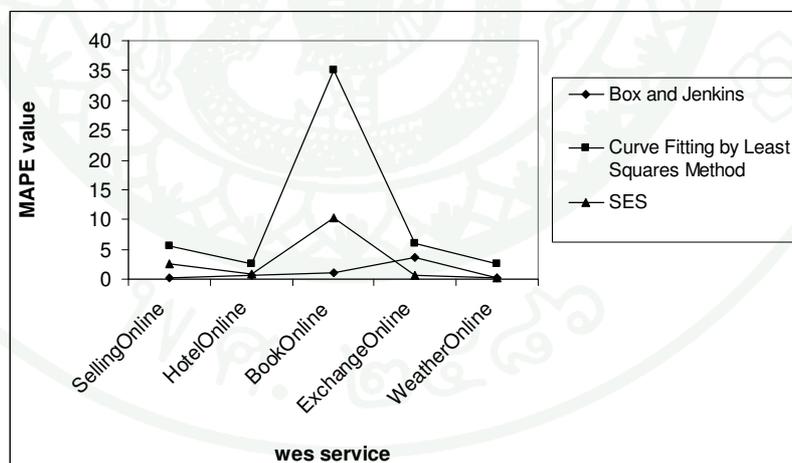
ตารางที่ 33 ความแม่นยำของการทำนาย ข้อมูลเวลาตอบสนองของ WS-DREAM dataset ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย

	Web service name				
	WSID1	WSID2	WSID1527	WSID1580	WSID18583
MAPE	8.64	16.30	4.45	6.20	1.43

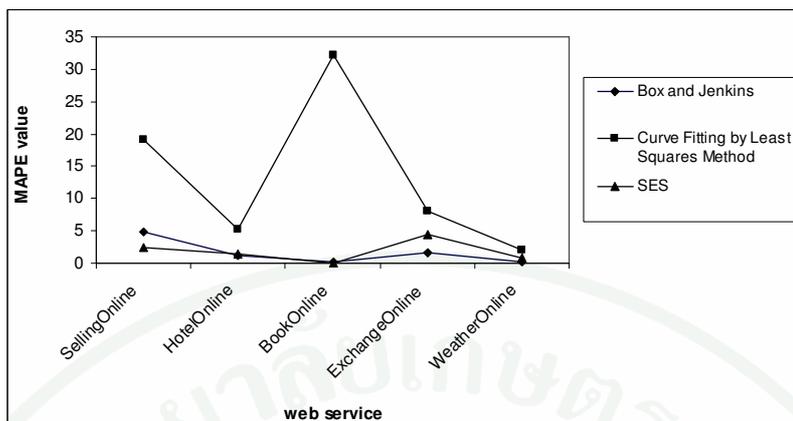
## วิจารณ์

งานวิจัยนี้ทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีการของบอชส์และเจนกินส์และ ได้เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย ด้วยวิธีการของบอชส์และเจนกินส์ กับการทำนายด้วยวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย โดยความแม่นยำของการทำนายจะพิจารณาจาก เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE)

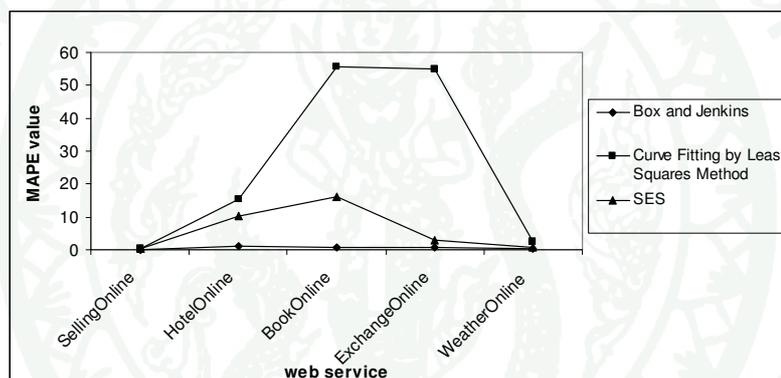
การทดลองทำนายปริมาณงานและเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิสที่ได้จำลองขึ้น ที่จำนวน 1 และ 5 การเชื่อมต่อ ซึ่งผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย แสดงดังภาพที่ 157 ถึงภาพที่ 160 จากกราฟจะเห็นได้ว่าวิธีการทำนายของบอชส์และเจนกินส์มีค่าจากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ต่ำกว่าวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย แสดงว่าวิธีการของวิธีการทำนายของบอชส์และเจนกินส์มีความแม่นยำในการทำนายมากกว่า



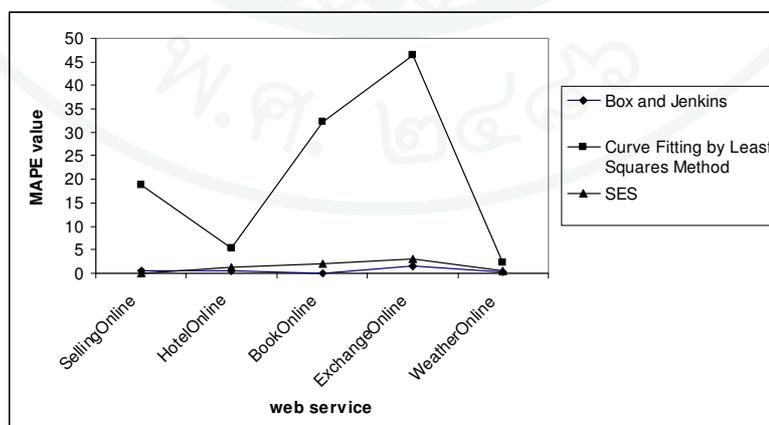
ภาพที่ 157 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายปริมาณงาน ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 158 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายปริมาณงาน ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

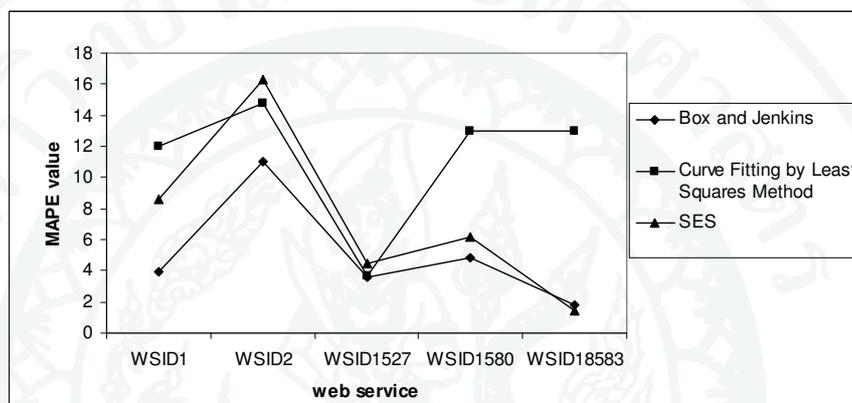


ภาพที่ 159 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนอง ที่จำนวน 1 การเชื่อมต่อ



ภาพที่ 160 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนอง ที่จำนวน 5 การเชื่อมต่อ

การทดลองทำนายเวลาตอบสนอง ของเว็บเซอร์วิส WS-DREAM ซึ่งผลการเปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนาย แสดงดังภาพที่ 161 จากกราฟจะเห็นได้ว่าวิธีการทำนายของบอซซ์และเจนกินส์มีค่าจากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ที่ต่ำกว่าวิธีการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมของข้อมูลในช่วงพหุนามอันดับ 3 โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย แสดงว่าวิธีการทำนายของบอซซ์และเจนกินส์มีความแม่นยำในการทำนายมากกว่า



ภาพที่ 161 เปรียบเทียบความแม่นยำของการทำนายเวลาตอบสนองของ WS-DREAM

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้บริการที่ต้องการทราบถึงคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิส งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอวิธีการทำนายคุณภาพการให้บริการในเชิงของปริมาณงาน และเวลาตอบสนอง โดยใช้วิธีของบอชซ์และเจนกินส์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ความแม่นยำในการทำนายด้วยวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์ นั้นสูงกว่าการทำนายด้วยการประมาณค่าเส้นโค้งที่เหมาะสมโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด และวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย สำหรับความแม่นยำของการทำนายปริมาณงานและเวลาตอบสนองของเว็บเซอร์วิส การจองโรงแรมแบบออนไลน์(HotelOnline) 1 และ 5 การเชื่อมต่อ เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบสภาพอากาศออนไลน์(WeatherOnline) เว็บเซอร์วิสการตรวจสอบรายละเอียดของหนังสือออนไลน์(BookOnline) 1 การเชื่อมต่อ เว็บเซอร์วิส WSID 1527 และ WSID 18583 ด้วยวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่าย จะใกล้เคียงกับวิธีการวิธีของบอชซ์และเจนกินส์ เนื่องจากข้อมูลของปริมาณงานและเวลาตอบสนอง มีลักษณะการเคลื่อนไหวที่ค่อนข้างคงที่ ส่วนเว็บเซอร์วิส WSID1 WSID2 และ WSID1580 ลักษณะข้อมูลของเวลาตอบสนองมีความคงที่น้อย วิธีการของบอชซ์และเจนกินส์จะมีความแม่นยำมากกว่า วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลอย่างง่ายซึ่งจะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน

### ข้อเสนอแนะ

จากข้อสรุปจะเห็นได้ว่าวิธีการของบอชซ์และเจนกินส์มีความแม่นยำในการทำนายค่อนข้างสูง จึงสามารถนำมาใช้ในการทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิสในด้านการรองรับการเข้าถึง และความพร้อมในการบริการได้ นอกจากนี้ยังสามารถสร้างโปรแกรมประยุกต์เพื่อใช้ทำนายคุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิสเพื่อนำไปใช้งานจริงในภาคธุรกิจต่อไป

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กัญจน์ สิทธิประเสริฐ. 2547. การแยกสระเสียงสั้น และสระเสียงยาวในภาษาไทยโดยใช้การฟิตเคิร์ฟแบบพหุนามอันดับสองบนฟังก์ชัน พลังงานเสียง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ทรงศิริ แต่สมบัติ, 2549. การทำนายเชิงปริมาณ. ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พิพัฒน์ บำรุงกาญจน์. 2550. การทำนายความต้องการพลังงานไฟฟ้าระยะปานกลางของการไฟฟ้านครหลวงโดยใช้วิธีเอกโพเนนเชียลสมูทติ้งและบ็อกเจนกินส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พิรพัฒน์ กุลทัต. 2548. การรู้จำเสียงสระ 24 เสียงในภาษาไทยด้วยวิธีการฟิตเคิร์ฟแบบสัมประสิทธิ์ พหุนามอันดับสามบนฟังก์ชันพลังงานเสียงและสเปกตรัมแอลพีซีบนสเกลบาร์กโดยใช้เทคนิค KNN. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วินัย สมาน, วีระพันธุ์ มุสิกสาร, สุนทร วิฑูรพจน์ และ พิชญา ตันจชัย. 2550. การเลือกบริการเว็บเซอร์วิสตามข้อมูลคุณภาพ, น. 42-43. ใน การเลือกบริการเว็บเซอร์วิสตามข้อมูลคุณภาพ, บรรณาธิการ. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. 2548. เทคนิคการทำนาย. พิมพ์ครั้งที่ 2 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.
- สุวิมล ทองนอก. 2553. การพยากรณ์ราคาในระยะสั้นของยางแผ่นรมควันชั้น 3 ในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เอกมนตรี เจียวพ่วง. 2459. การทำนายปริมาณภาระงานที่สามารถให้บริการได้สำหรับเว็บเซอร์วิสโดยใช้ขอบเขตเส้นกำกับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

Ana Corber an-Vallet, Jos e D. Berm udez and Enriqueta Vercher. 2010. Forecasting correlated time series with exponential smoothing models. **International Journal of Forecasting** 27 (2): 252-265.

Contreras Javier , Espinola Rosario, Nogales F. J and Conejo Antonio J. 2003. ARIMA models to predict next-day electricity prices. **IEEE Transactions on Power Systems** 18(3): 1014-1020.

H. M. Deitel 2002. **Web Services : A Technical Introduction**. 1 ed. Prentice Hall, USA.

Daniel A. Menasce. 2002. QoS Issues in Web Services. **IEEE Internet Computing** 6(6): 72-75.

E.Cadenas, O.A. Jaramilo and W.Revira. 2009. Analysis and forecasting of wind velocity in chetumal, quintana roo, using the single exponential smoothing method. **Renewable Energy** 35(5): 925–930.

Francisco Curbera. 2002. Unraveling the Web Services Web An Introduction to SOAP WSDL and UDDI. **IEEE Internet Computing** 6(2): 86-93.

J.S. Malak, M. Mohsenzadeh and M.A. Seyyedi. 2009. Web Service QoS Prediction Based on Multi Agents, p. 265. *In* Web Service QoS Prediction Based on Multi Agents, ed. **International Conferences on Computer Technology and Development 1**. ed.China.

Mu Li, JinPeng Huai and HuiPeng Guo. 2009. An Adaptive Web services Selection Method Based on the QoS Prediction Mechaism, pp. 15-18. *In* An Adaptive Web services

Selection Method Based on the QoS Prediction Mechanism, ed. **International Joint Conferences on Web Intelligence and Intelligent Agent Technologies 1**. ed.Italy.

Steve Graham, Simeon Simeonov and oufic Boubez. 2001. **Building Web Services with Java: Making Sense of XML, SOAP, WSDL and UDDI**. 2 ed. Pearson Education, United Kingdom.

Fadhilah Abd Razak, Amir Hashim H, Izham Abidin Z and Mahendran Shitan. 2009. Malaysian peak daily load forecasting, p. 392. *In* Malaysian peak daily load forecasting, ed. **Research and Development (SCORED) 7**. ed.Malaysia.

Rob J. Hyndman, J.Keith Ord, Ralph D Snyder and Anne B Koehler. 2008. **Forecasting with exponential smoothing: the state space approach**. Springer, Germany.

Vuong Xuan Tran and Tsuji H. 2008. QoS Based Ranking for Web Services: Fuzzy Approaches, pp. 77-82. *In* QoS Based Ranking for Web Services: Fuzzy Approaches, ed. **International Conference on Next Generation Web Services Practices 4**. ed.Seoul.

Zhenpeng Liu, Aiguo An, Shuhua Liu and Junbao Li. 2009. A Prediction QOS Approach Reputation-Based in Web Services, pp. 1-4. *In* A Prediction QOS Approach Reputation-Based in Web Services, ed. **International Conference on Wireless Communications Networking and Mobile Computing 5**. ed.China.

Zibin Zheng and Michael R. Lyu. 2009. Collaborative Reliability Prediction for Service-Oriented Systems, pp. 35-44. *In* Collaborative Reliability Prediction for Service-Oriented Systems, ed. **International Conference on Software Engineering 31**. ed.canada.

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวเมธาวรรณ ใจไว
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 29 พฤษภาคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดแพร่
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	อาจารย์ประจำมหาวิทยาลัยพะเยา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	นำเสนอและตีพิมพ์บทความวิชาการเรื่อง “การทำนาย คุณภาพการให้บริการของเว็บเซอร์วิสด้วยวิธีบอซซ์และ เจนกินส์”, <i>In Proceeding of the National Computer Science and Engineering Conference, Changmai, Nov 17-18,2010</i>
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนานาบุคคลากรมหาวิทยาลัย นเรศวรพะเยา