



การสร้างตัวแบบและการพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางใน  
ข่ายงานบริเวณกว้าง

โดย

นายเตชินท์ มณีศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)  
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การสร้างตัวแบบและการพยากรณ์แบบด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางใน  
ข่ายงานบริเวณกว้าง

โดย

นายเตชินท์ มณีศรี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)  
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
ปีการศึกษา 2563  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

MODELING AND FORECASTING OF END-TO-END AVAILABLE  
BANDWIDTH IN WIDE AREA NETWORKS

BY

MR. TECHIN MANEESORN



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (COMPUTER SCIENCE)

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE  
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2020

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายเตชินท์ มณีศร

เรื่อง

การสร้างตัวแบบและการพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้าง

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

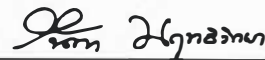
เมื่อ วันที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2564

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวรรณ ตี้อช การ์บาโย)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา พงษ์วิทยา)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัตน์ จาริวงษ์ไพบูลย์)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(ดร.ชูชาติ หลุยยะศักดิ์)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐชนนท์ หงส์วรสิทธิ์ธร)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสร้างตัวแบบและการพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในข่ายงานบริเวณกว้าง
ชื่อผู้เขียน	นายเตชินท์ มณีศรี
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา พงษ์วิวิทยา
ปีการศึกษา	2563

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบและการพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในข่ายงานบริเวณกว้าง ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่ถูกเผยแพร่โดยสแล็ก (Stanford Linear Accelerator Center - SLAC) ประกอบชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานจำนวน 41 เส้นทาง จากเครื่องปลายทาง (node) ทั้งหมด 38 เครื่อง ซึ่งตั้งอยู่ทั่วทั้งทวีปยุโรปและเอเชีย โดยข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานจะถูกจัดเก็บค่าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งตลอดเส้นทางนั้น โดยมีการจัดเก็บข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 รวมทั้งสิ้น 132 ชุดข้อมูล ในงานวิจัยนี้มีการแบ่งการศึกษาออกเป็นสองระยะ

ในระยะแรกมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทาง ซึ่งตัวแบบอนุกรมเวลาที่ศึกษาเป็นหลักในงานวิจัยนี้มีทั้งหมด 4 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) หรือ โดยทั้ง 4 ตัวแบบอนุกรมเวลานี้มีชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแตกต่างกันไป โดยผู้วิจัยจะทำการค้นหาชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบอนุกรมเวลาแต่ละตัวแบบ ซึ่งผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาพบว่า

สามารถสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ สำหรับชุดข้อมูล 128 ข้อมูล ไม่สามารถสร้างได้ 4 ชุด ข้อมูลเนื่องจากภายในชุดข้อมูลนั้นๆ มีค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานซ้ำกันเพียงค่าเดียวทั้งชุดข้อมูล

งานวิจัยในระยะที่สองจะเป็นการศึกษาการพยากรณ์ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth) ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมทั้งชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมซึ่งเป็นผลมาจากการศึกษาในระยะแรก ซึ่งสามารถเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ของแต่ละตัวแบบได้สองลักษณะ คือ ตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีคุณลักษณะความเป็นฤดูกาล (Seasonal) กับตัวแบบอนุกรมเวลาที่ไม่มีความเป็นฤดูกาล (Non Seasonal) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีคุณลักษณะความคล้ายตนเอง (Self-Similar) กับตัวแบบอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคล้ายตนเอง (Non Self-Similar) ซึ่งผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานพบว่า ผลการพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีคุณลักษณะความเป็นฤดูกาล (Seasonal) จะมีความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่ไม่มีความเป็นฤดูกาล (Non Seasonal) คิดเป็น 81% และ ผลการพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคล้ายตนเอง (Non Self-Similar) จะมีความแม่นยำในการพยากรณ์มากกว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคล้ายตนเอง (Self-Similar) คิดเป็น 62%

**คำสำคัญ:** ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา, ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล, ตัวแบบอนุกรมเวลาพารีมา, ตัวแบบอนุกรมเวลาพารีมาแบบฤดูกาล, การพยากรณ์, อนุกรมเวลา, ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน, ข่ายงานบริเวณกว้าง

Thesis Title	THESIS TITLEMODELING AND FORECASTING OF END-TO-END AVAILABLE BANDWIDTH IN WIDE AREA NETWORKS
Author	Mr. Techin Maneesorn
Degree	Master of Science (Computer Science)
Department /Faculty/University	Computer Science Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Wanida Putthividhya, Ph.D.
Academic Years	2020

## ABSTRACT

This research studies modeling and forecasting of end-to-end available bandwidth in wide area networks. We used the available bandwidth data set published by Stanford Linear Accelerator Center (SLAC National Accelerator Laboratory, 2018). The data set includes available bandwidth along 41 paths among 38 nodes located in Europe and Asia. The available bandwidth along the paths were measured during two time periods, i.e. from late June to September, 2004 and from late February to March, 2009 in total 132 data set. Our study is divided into two phases.

The initial phase aims at modeling end-to-end available bandwidth using four major time series models, namely Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA), Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (ARFIMA or FARIMA), and Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (SFARIMA). These four-time series models differ greatly in the set of model parameters. The result of creating time series model found that there are 128 data set that are able to create all 4 models. However, there are 4 data sets which are unable to create the time series model because there is only one bandwidth value that is replicated in data set.

The second phase studies forecasting available bandwidth along a path based on results from the first phase which able to compare the forecast model accuracy in two types which are Seasonal – Non-Seasonal and Self-Similar – Non-Self-Similar. The comparing result of bandwidth forecasting accuracy shows that Seasonal model is 81% more accuracy than Non-Seasonal and Non Self-Similar is 62% more accuracy than Self-Similar.

**Keywords:** ARIMA, SARIMA, FARIMA, SFARIMA, Modeling, Forecasting, Time Series, Available Bandwidth, Wide Area Network



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงได้หากขาดการช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา พฤทธิวิทยา ที่สละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษา ช่วยปรับปรุงแก้ไขและชี้แนะแนวทางพร้อมทั้งให้ความรู้ต่าง ๆ ตลอดการดำเนินงานวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณประธานการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรวรรณ ดี้อช การ์บาโย รวมไปถึงคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัตน์ จาริวงศ์ไพบูลย์ และอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ดร.ชูชาติ หฤไชยะศักดิ์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาให้ข้อเสนอแนะและชี้แนะแนวทาง เพื่อปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์และมีแนวทางที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ยังขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่เคยมอบความรู้อันเป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาและการทำงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษา และช่วยเหลือในการศึกษาระดับปริญญาโทมาตลอดการศึกษา

ขอขอบคุณทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปีการศึกษา 2559 ที่มอบทุนสนับสนุนการศึกษาในระดับปริญญาโทตลอด 2 ปี

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มอบทุนสนับสนุนในการนำเสนอผลงานวิจัย ในงานการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ The 22nd International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC 2018) ที่จังหวัดเชียงใหม่ ประเทศไทย ในระหว่างวันที่ 21-24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2561

ขอขอบคุณคุณแม่ลัดดา มณีศรี คุณพ่อพนพล มณีศรี ครอบครัวมณีศรี และญาติพี่น้องทุกคน ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนมาโดยตลอด ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่เคยช่วยเหลือไม่ว่าทางตรงหรือทางอ้อม และขอบคุณคุณมนตรี ส มณีศรี พี่สาวที่คอยช่วยเหลือและให้คำปรึกษาตลอดมา

นายเตชินท์ มณีศรี

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(2)
ABSTRACT	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพ	(17)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย	7
1.3 คำถามการวิจัย	7
1.4 สมมติฐานการทดลอง	7
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	8
1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย	8
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
2.1.1 เครือข่ายแบบใช้สาย (Wired Networks)	11
2.1.2 เครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless Network)	29
2.1.3 สาขาการศึกษาต่างๆ (Academic discipline)	34

	(7)
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องงาน	35
2.2.1 อนุกรมเวลา (Time Series)	35
2.2.2 คุณสมบัติคงที่ (Stationary)	40
2.2.3 ตัวแบบอนุกรมเวลา (Time series model)	44
2.2.4 การพยากรณ์ (Forecasting)	51
2.2.5 การเทียบสมรรถนะ (Performance Comparing)	53
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	54
3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ	54
3.2 ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน	57
3.3 โครงสร้างและขั้นตอนการทำงานของระบบ	59
3.3.1 ขั้นตอนการจัดการข้อมูล (Data Preparation)	59
3.3.2 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา (Time series modeling)	63
3.3.3 ขั้นตอนการพยากรณ์ (Forecasting)	66
3.3.4 ขั้นตอนเปรียบเทียบสมรรถนะในการพยากรณ์ (Performance Comparison)	66
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	68
4.1 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสม	68
4.1.1 ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA)	69
4.1.2 ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA)	71
4.1.3 ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA)	73
4.1.4 ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA)	75
4.2 ผลการพยากรณ์และผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์	79
4.2.1 ผลการพยากรณ์	79

	(8)
4.2.2 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์	82
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	101
5.1 สรุปผลที่ได้รับจากการวิจัย	102
5.1.1 การสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา	102
5.1.2 การพยากรณ์ข้อมูลและการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์	103
5.2 ข้อจำกัด	105
5.3 ข้อเสนอแนะ	106
รายการอ้างอิง	108
ภาคผนวก	111
ภาคผนวก ก การจัดการข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางในข่ายงาน บริเวณกว้าง	112
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์และเปรียบเทียบตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมชุดพารามิเตอร์ ที่เหมาะสม	116
ภาคผนวก ค ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสม	117
ค.1 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) พร้อมทั้งพารามิเตอร์ (p,d,q) ที่เหมาะสม	117
ค.2 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) พร้อมทั้งพารามิเตอร์ (p,d,q), (P,D,Q) และ [S] ที่เหมาะสม	126
ค.3 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) พร้อมทั้ง พารามิเตอร์ (p,d,q) ที่เหมาะสม	135
ค.4 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) – FARIMA) พร้อมทั้งพารามิเตอร์ (p,d,q) ที่เหมาะสม	144
ภาคผนวก ง ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ ที่พร้อมใช้งาน	153

ง.1 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA)	153
ง.2 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA)	196
ง.3 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA)	240
ง.4 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) – FARIMA (Reverse))	283
ภาคผนวก จ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์	326
ประวัติผู้เขียน	330

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งตามหน่วยวัดสมรรถนะช่วยงานบริเวณกว้างกับ เครือข่ายที่ศึกษา	10
3.1 เครื่องปลายทางทั้งหมด 34 เส้นทางที่ทำการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานช่วงปลาย เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004	57
3.1 เครื่องปลายทางทั้งหมด 34 เส้นทางที่ทำการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานช่วงปลาย เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 (ต่อ)	58
3.2 เครื่องปลายทางทั้งหมด 7 เส้นทางที่ทำการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานช่วงปลายเดือน กุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009	59
4.1 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูล แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล	69
4.1 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูล แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)	70
4.2 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล	71
4.2 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)	72
4.3 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล	73

4.3 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)	74
4.4 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล	76
4.4 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)	77
4.5 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวน 34 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE	82
4.5 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวน 34 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE (ต่อ)	83
4.6 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE	85
4.7 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE	87
4.8 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE	89
4.9 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE	91

4.10	ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE	93
4.11	ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE	95
4.12	ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE	97
ค.1	ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล	117
ค.1	ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)	118
ค.2	ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล	119
ค.3	ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล	120
ค.4	ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล	121
ค.5	ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล	122

- ค.6 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 123
- ค.7 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 124
- ค.8 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ.2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 125
- ค.9 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล 126
- ค.9 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ) 127
- ค.10 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 128
- ค.11 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 129
- ค.12 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี 130

- (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล
- ค.13 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 131
- ค.14 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 132
- ค.15 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 133
- ค.16 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 134
- ค.17 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล 135
- ค.17 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ) 136
- ค.18 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 137

- ค.19 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 138
- ค.20 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 139
- ค.21 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 140
- ค.22 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 141
- ค.23 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 142
- ค.24 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 143
- ค.25 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล 144
- ค.25 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล 145

- เอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004  
จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)
- ค.26 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติ  
เอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 146
- ค.27 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติ  
เอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 147
- ค.28 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติ  
เอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 148
- ค.29 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติ  
เอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009  
เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 149
- ค.30 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติ  
เอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 150
- ค.31 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติ  
เอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 151
- ค.32 ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติ  
เอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล 152

## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของทั้งสามตัวแบบสำหรับการเชื่อมต่อที่ซีพีพี 100 วินาที ที่มา: Padhye Firoiu Towsley และ Kurose, 1998	14
2.2 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของทั้งสามตัวแบบสำหรับการเชื่อมต่อที่ซีพีพียาวหนึ่งชั่วโมง	15
2.3 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส (HTES)	23
2.4 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอัจฉริยะเกิดจากการรวบรวมตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์25 และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอสกับการจัดกลุ่มของข้อมูล (HTES & clustering) เข้าด้วยกัน ที่มา: Aldhyani และ Joshi, 2017)	25
2.5 ผลจากการทำการทดลองในตัวแบบจะได้คุณภาพชีวิตที่ค้นตลอดทั้งเส้นทาง 4 เส้นทาง	33
2.6 ข้อมูลจำนวนประชากรจากสำนักงานความมั่นคงแห่งชาติ	36
2.7 ข้อมูลอนุกรมเวลาแสดงยอดขายของจักรยานในพื้นที่หนึ่ง	37
2.8 ข้อมูลอัตราการแลกเปลี่ยนสกุลเงินระหว่างสกุลเงินดอลลาร์ออสเตรเลีย (AUD) และ ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา (USD)ช่วงเวลา 10 ปี	37
2.9 ข้อมูลอนุกรมเวลาของยอดขายปลีกที่สถานีบริการน้ำมันในสหรัฐอเมริกา	38
2.10 อัตราการว่างงานในประเทศซาอุดีอาระเบีย	39
2.11 แสดงข้อมูลมูลค่าของการอนุมัติการสร้างอาคารบ้านเรือนรายเดือนในเขตเมืองหลวงของ ออสเตรเลีย (Australian Capital Territory - ACT)	40
2.12 แสดงชุดข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-Seasonal)	42
2.13 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่ยังมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ	42
2.14 แสดงชุดข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบมีคุณสมบัติคงที่ (Seasonal)	43
2.15 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ	43
3.1 แสดงภาพรวมของระบบการสร้างตัวแบบและการพยากรณ์แบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานใน ข่ายงานบริเวณกว้าง	55
3.2 แสดงชุดข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-seasonal)	62
3.3 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่ยังมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ	62
3.5 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ	63
3.4 แสดงชุดข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบมีคุณสมบัติคงที่ (Seasonal)	63
4.1 แสดงค่าแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งาน ซึ่งมีค่าเป็น 1000 ค่าเดียวทั้งชุดข้อมูล	78

- 4.2 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง 80  
node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated  
Moving Average - ARIMA): ARIMA (1,0,3)
- 4.3 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง 80  
node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal  
Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA): SARIMA (1,0,3) (0,0,1) [30]
- 4.4 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง 81  
node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (Autoregressive Fractionally  
Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA): FARIMA (1,0.48,5)
- 4.5 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง 81  
node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive  
Fractionally Integrated Moving Average - FARIMA): FARIMA (1,0.16,0)
- 4.6 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละ 84  
ตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวน 34 ชุดข้อมูล
- 4.7 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละ 86  
ตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-  
bw.caltech.ul-org จำนวน 14 ชุดข้อมูล
- 4.8 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละ 88  
ตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-  
bw.cern.ch จำนวน 14 ชุดข้อมูล
- 4.9 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละ 90  
ตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
node1.desy.de จำนวน 14 ชุดข้อมูล
- 4.10 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละ 92  
ตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
node1.sdsc.edu จำนวน 14 ชุดข้อมูล
- 4.11 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละ 94  
ตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
node1.triumf.ca จำนวน 14 ชุดข้อมูล

4.12	แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละ ตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวน 14 ชุดข้อมูล	96
4.13	แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละ ตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวน 14 ชุดข้อมูล	98
4.14	แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละ ตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 และ ปี ค.ศ. 2009 จำนวน ชุดข้อมูล	99 132
4.15	แผนภูมิวงกลมเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างตัวแบบอนุกรมเวลาแบบฤดูกาล และตัวแบบอนุกรมเวลาแบบไม่มีฤดูกาล	100
5.1	แผนภูมิวงกลมเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างตัวแบบอนุกรมเวลาแบบฤดูกาล และตัวแบบอนุกรมเวลาแบบไม่มีฤดูกาล	104
5.2	แผนภูมิวงกลมเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีคุณลักษณะ ความคล้ายตนเองและตัวแบบอนุกรมเวลาแบบไม่มีคุณลักษณะความคล้ายตนเอง	105
ก.1	ชุดข้อมูลดิบ (Raw data) ของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน	113
ก.2	ชุดข้อมูลดิบ (Raw data) ของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานหลังจากทำการกรอง ข้อมูลให้คาบเวลาในการวัดเป็นทุกๆ 30 นาที และมีค่าความคลาดเคลื่อน $-/+ 10$ นาที	113
ก.3	แสดงชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-seasonal)	114
ก.4	แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่ยังมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ	114
ก.5	แสดงชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบมีคุณสมบัติคงที่ (Seasonal)	115
ก.6	แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ	115
ข.1	ค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ของตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาพร้อมทั้งชุดพารามิเตอร์ ARIMA (0,1,1)	116
ข.2	ค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ของตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาพร้อมทั้งชุดพารามิเตอร์ ARIMA (4,1,0)	116
ง.1	ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,0,3)	153
ง.2	ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.cesnet.cz ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,1)	154















- ง.106 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 188  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA  
 (1,1,1)
- ง.107 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 189  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA  
 (0,1,1)
- ง.108 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 189  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA  
 (0,1,0)
- ง.109 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 189  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA  
 (1,1,0)
- ง.110 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 190  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA  
 (0,1,1)
- ง.111 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 190  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA  
 (0,0,1)
- ง.112 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 190  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA  
 (0,0,1)
- ง.113 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 191  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA  
 (1,1,1)
- ง.114 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 191  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA  
 (0,1,1)
- ง.115 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 191  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา  
 ARIMA (2,0,0)

- ง.116 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 192  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (1,0,0)
- ง.117 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 192  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (0,1,1)
- ง.118 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 192  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (0,1,1)
- ง.119 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 193  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (0,1,1)
- ง.120 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 193  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (0,0,0)
- ง.121 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 193  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (2,0,1)
- ง.122 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 194  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (0,1,0)
- ง.123 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 194  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (0,0,0)
- ง.124 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 194  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (1,1,1)
- ง.125 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 195  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา  
ARIMA (2,0,0)

- ง.126 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 195  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา  
 ARIMA (0,1,1)
- ง.127 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 195  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา  
 ARIMA (0,0,2)
- ง.128 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 196  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา  
 ARIMA (0,1,2)
- ง.129 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 196  
 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (1,0,3)(0,0,1)[30]
- ง.130 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 197  
 เครื่องปลายทาง node1.cesnet.cz ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (1,1,2)(2,0,1)[30]
- ง.131 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 197  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (0,1,3)(2,0,1)[30]
- ง.132 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 197  
 เครื่องปลายทาง node1.dl.ac.uk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (2,1,1)(1,0,0)[30]
- ง.133 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 198  
 เครื่องปลายทาง node1.ece.rice.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (2,1,4)(1,0,1)[30]
- ง.134 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 198  
 เครื่องปลายทาง node1.fnal.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (2,1,3)(1,0,1)[30]
- ง.135 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 198  
 เครื่องปลายทาง node1.fzk.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (2,1,1)(1,0,0)[30]

- ง.136 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 199  
 เครื่องปลายทาง node1.in2p3.fr ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(3,1,2)(0,0,1)[30]$
- ง.137 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 199  
 เครื่องปลายทาง node1.indiana.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(5,2,0)(0,0,2)[30]$
- ง.138 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 199  
 เครื่องปลายทาง node1.internet2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA  $(5,1,1)(0,0,0)[30]$
- ง.139 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 200  
 เครื่องปลายทาง node1.kek.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(1,0,1)(1,0,0)[30]$
- ง.140 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 200  
 เครื่องปลายทาง node1.lbl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(0,1,2)(2,0,0)[30]$
- ง.141 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 200  
 เครื่องปลายทาง node1.lsa.umich.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA  $(0,1,4)(0,0,0)[30]$
- ง.142 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 201  
 เครื่องปลายทาง node1.mcs.anl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(2,1,2)(1,0,0)[30]$
- ง.143 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 201  
 เครื่องปลายทาง node1.mib.infn.it ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(3,1,1)(1,0,1)[30]$
- ง.144 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 201  
 เครื่องปลายทาง node1.niit.pk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(1,1,2)(0,0,1)[30]$
- ง.145 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 202  
 เครื่องปลายทาง node1.nikhef.nl ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(2,1,1)(0,0,1)[30]$

- ง.146 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 202  
 เครื่องปลายทาง node1.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (2,1,1)(0,0,2)[30]
- ง.147 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 202  
 เครื่องปลายทาง node1.riken.go.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (2,1,0)(1,0,0)[30]
- ง.148 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 203  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (2,1,1)(0,0,0)[30]
- ง.149 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 203  
 เครื่องปลายทาง node1.sox.i2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (2,1,2)(1,0,0)[30]
- ง.150 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 203  
 เครื่องปลายทาง node1.stanford.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,1)(0,0,1)[30]
- ง.151 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 204  
 เครื่องปลายทาง node1.switch.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (1,0,0)(0,0,1)[30]
- ง.152 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 204  
 เครื่องปลายทาง node1.uiuc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (0,1,2)(2,0,0)[30]
- ง.153 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 204  
 เครื่องปลายทาง node1.utdallas.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[30]
- ง.154 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 205  
 เครื่องปลายทาง node2.ccs.ornl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (1,1,1)(0,0,1)[30]
- ง.155 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 205  
 เครื่องปลายทาง node2.cern.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (2,1,1)(1,0,0)[30]

- ง.156 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 205  
 เครื่องปลายทาง node2.gsfc.nasa.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (2,1,3)(2,0,1)[30]
- ง.157 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 206  
 เครื่องปลายทาง node2.nersc.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 (1,1,2)(1,0,0)[30]
- ง.158 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 206  
 เครื่องปลายทาง node2.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (2,1,2)(1,0,0)[30]
- ง.159 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 206  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (3,1,0)(1,0,0)[6]
- ง.160 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 207  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[8]
- ง.161 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 207  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[15]
- ง.162 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 207  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[15]
- ง.163 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 208  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (2,0,0)(1,0,0)[14]
- ง.164 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 208  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[10]
- ง.165 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 208  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]

- ง.166 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 209  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[9]
- ง.167 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 209  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[9]
- ง.168 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 210  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[9]
- ง.169 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 210  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]
- ง.170 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 210  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[10]
- ง.171 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 211  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[13]
- ง.172 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 211  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[13]
- ง.173 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 211  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (3,1,0)(0,0,0)[6]
- ง.174 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 212  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[13]
- ง.175 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิธที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 212  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[11]



- ง.186 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 216  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,1,0)(0,0,1)[10]
- ง.187 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 216  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (2,1,0)(1,0,0)[7]
- ง.188 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 216  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[8]
- ง.189 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 217  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[8]
- ง.190 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 217  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,1)(0,0,1)[8]
- ง.191 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 217  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]
- ง.192 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 218  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[8]
- ง.193 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 218  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[10]
- ง.194 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 218  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[9]
- ง.195 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 219  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[8]

- ง.196 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 219  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[8]
- ง.197 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 219  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[11]
- ง.198 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 220  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[9]
- ง.199 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 220  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[10]
- ง.200 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 220  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[10]
- ง.201 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 221  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[7]
- ง.202 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 221  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,0)(0,0,0)[7]
- ง.203 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 221  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[9]
- ง.204 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 222  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[11]
- ง.205 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 222  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]

- ง.206 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 222  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[10]
- ง.207 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 223  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[11]
- ง.208 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 223  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[6]
- ง.209 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 223  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,1)(0,0,1)[6]
- ง.210 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 224  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[10]
- ง.211 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 224  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[11]
- ง.212 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 224  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[10]
- ง.213 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 225  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[10]
- ง.214 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 225  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]
- ง.215 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 225  
 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[8]



- ง.226 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 229  
 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,1,0)(0,0,1)[7]
- ง.227 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 229  
 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,0)(0,0,1)[6]
- ง.228 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 230  
 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]
- ง.229 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 230  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[10]
- ง.230 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 230  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[10]
- ง.231 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 231  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,1,0)(1,0,0)[10]
- ง.232 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 231  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,3)(1,0,0)[10]
- ง.233 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 231  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (2,1,0)(1,0,0)[12]
- ง.234 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 232  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,1,0)(1,0,0)[14]
- ง.235 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 232  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (3,1,0)(1,0,0)[14]

- ง.236 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 232  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,0)(1,0,0)[10]
- ง.237 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 233  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (1,1,0)(1,0,0)[10]
- ง.238 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 233  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[10]
- ง.239 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 233  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[12]
- ง.240 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 234  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[12]
- ง.241 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 234  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,2)(0,0,1)[10]
- ง.242 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 234  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล  
 SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[12]
- ง.243 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 235  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(0,0,1)[7]
- ง.244 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 235  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[5]
- ง.245 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 235  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[10]



- ง.256 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 239  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบ  
 ฤดูกาล SARIMA (0,1,2)(1,0,0)[12]
- ง.257 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 240  
 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (1,0.48,5)
- ง.258 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 240  
 เครื่องปลายทาง node1.cesnet.cz ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (4,0.04,0)
- ง.259 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 241  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (5,0.17,1)
- ง.260 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 241  
 เครื่องปลายทาง node1.dl.ac.uk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (1,0.25,0)
- ง.261 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 241  
 เครื่องปลายทาง node1.ece.rice.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (3,0.40,3)
- ง.262 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 242  
 เครื่องปลายทาง node1.fnal.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (3,0.002,5)
- ง.263 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 242  
 เครื่องปลายทาง node1.fzk.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (5,0.01,3)
- ง.264 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 242  
 เครื่องปลายทาง node1.in2p3.fr ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (2,0.14,5)
- ง.265 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 243  
 เครื่องปลายทาง node1.indiana.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (1,0.17,1)
- ง.266 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 243  
 เครื่องปลายทาง node1.internet2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA  
 (1,0.10,5)
- ง.267 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 243  
 เครื่องปลายทาง node1.kek.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (4,0.01,4)
- ง.268 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 244  
 เครื่องปลายทาง node1.lbl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA (5,0.17,5)
- ง.269 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 244  
 เครื่องปลายทาง node1.lsa.umich.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา FARIMA  
 (5,0.01,3)

- ง.270 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 244  
 เครื่องปลายทาง node1.mcs.anl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.31,1)
- ง.271 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 245  
 เครื่องปลายทาง node1.mib.infn.it ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.25,3)
- ง.272 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 245  
 เครื่องปลายทาง node1.niit.pk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.27,5)
- ง.273 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 245  
 เครื่องปลายทาง node1.nikhef.nl ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.38,4)
- ง.274 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 246  
 เครื่องปลายทาง node1.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (3,0.19,5)
- ง.275 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 246  
 เครื่องปลายทาง node1.riken.go.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.002,1)
- ง.276 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 246  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.09,5)
- ง.277 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 247  
 เครื่องปลายทาง node1.sox.i2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.24,5)
- ง.278 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 247  
 เครื่องปลายทาง node1.stanford.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (1,0.09,2)
- ง.279 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 247  
 เครื่องปลายทาง node1.switch.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.04,1)
- ง.280 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 248  
 เครื่องปลายทาง node1.uiuc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.32,4)
- ง.281 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 248  
 เครื่องปลายทาง node1.utdallas.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.03,2)
- ง.282 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 248  
 เครื่องปลายทาง node2.ccs.ornl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.09,5)
- ง.283 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดัดวิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 249  
 เครื่องปลายทาง node2.cern.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.34,1)

- ง.284 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 249  
 เครื่องปลายทาง node2.gsfc.nasa.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (5,0.48,5)
- ง.285 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 249  
 เครื่องปลายทาง node2.nersc.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.22,4)
- ง.286 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 250  
 เครื่องปลายทาง node2.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (0,0.32,0)
- ง.287 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 250  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 FARIMA (1,0.33,3)
- ง.288 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 250  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 FARIMA (5,0.49,4)
- ง.289 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 251  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 FARIMA (6,0.40,5)
- ง.290 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 251  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 FARIMA (4,0.30,2)
- ง.291 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
 iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (1,0.000045,0) 251
- ง.292 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 252  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 FARIMA (4,0.30,3)
- ง.293 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 252  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 FARIMA (4,0.40,5)

- ง.294 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 252  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (3,0.39,4)
- ง.295 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 253  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (0,0.0006,4)
- ง.296 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 253  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (3,0.44,3)
- ง.297 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 253  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (2,0.0000583,1)
- ง.298 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 254  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (2,0.33,3)
- ง.299 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 254  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (0,0.0000458,4)
- ง.300 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 254  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (1,0.30,3)
- ง.301 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 255  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.49,3)
- ง.302 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 255  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.42,3)
- ง.303 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 255  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.35,3)

- ง.304 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 256  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.44,2)
- ง.305 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 256  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(4,0.30,4)
- ง.306 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 256  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.48,6)
- ง.307 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 257  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.05,2)
- ง.308 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 257  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.38,3)
- ง.309 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 257  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.09,0)
- ง.310 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 258  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.22,0)
- ง.311 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 258  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(4,0.40,3)
- ง.312 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 258  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.30,4)
- ง.313 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 259  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.31,2)

- ง.314 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 259  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.41,5)
- ง.315 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 259  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.49,2)
- ง.316 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 260  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.49,2)
- ง.317 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 260  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.35,2)
- ง.318 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 260  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(5,0.34,2)
- ง.319 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 261  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.49,3)
- ง.320 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 261  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.47,3)
- ง.321 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 261  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.30,4)
- ง.322 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 262  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.22,3)
- ง.323 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 262  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.05,1)

- ง.324 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 262  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.38,4)
- ง.325 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 263  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(5,0.38,2)
- ง.326 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 263  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.17,5)
- ง.327 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 263  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.40,2)
- ง.328 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 264  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.46,4)
- ง.329 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 264  
เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.19,2)
- ง.330 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 264  
เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.19,1)
- ง.331 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 265  
เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.27,4)
- ง.332 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 265  
เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.41,4)
- ง.333 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 265  
เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.48,5)

- ง.334 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 266  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (3,0.31,4)
- ง.335 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 266  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (5,0.33,1)
- ง.336 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 266  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (0,0.49,5)
- ง.337 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 267  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (5,0.0000458,0)
- ง.338 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 267  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (2,0.38,4)
- ง.339 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 267  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (4,0.19,1)
- ง.340 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 268  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (3,0.41,3)
- ง.341 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 268  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (3,0.31,3)
- ง.342 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 268  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (0,0.15,5)
- ง.343 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 269  
 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
 (2,0.38,3)

- ง.344 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 269  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.19,1)
- ง.345 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 269  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.36,5)
- ง.346 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 270  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(4,0.42,3)
- ง.347 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 270  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(4,0.40,5)
- ง.348 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 270  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.17,4)
- ง.349 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 271  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.114,3)
- ง.350 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 271  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.30,4)
- ง.351 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 271  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.30,4)
- ง.352 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 272  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(4,0.49,5)
- ง.353 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 272  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.33,2)

- ง.354 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 272  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.46,0)
- ง.355 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 273  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.42,1)
- ง.356 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 273  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.49,4)
- ง.357 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 273  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.08,1)
- ง.358 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 274  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.38,3)
- ง.359 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 274  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.49,4)
- ง.360 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 274  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.33,1)
- ง.361 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 275  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(5,0.007,1)
- ง.362 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 275  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.19,3)
- ง.363 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 275  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(4,0.38,4)

- ง.364 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 276  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(3,0.00000458,1)
- ง.365 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 276  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(2,0.00000458,5)
- ง.366 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 276  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.05,5)
- ง.367 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 277  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(1,0.22,1)
- ง.368 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 277  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(0,0.008,5)
- ง.369 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 277  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(5,0.49,2)
- ง.370 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 278  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA  
(4,0.42,2)
- ง.371 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 278  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (3,0.49,2)
- ง.372 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 278  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (3,0.32,2)
- ง.373 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 279  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (5,0.44,4)

- ง.374 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 279  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (3,0.38,2)
- ง.375 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 279  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (1,0.07,4)
- ง.376 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 280  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (4,0.49,2)
- ง.377 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 280  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (3,0.33,3)
- ง.378 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 280  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (2,0.34,4)
- ง.379 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 281  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (5,0.34,1)
- ง.380 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 281  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (3,0.41,3)
- ง.381 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 281  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (2,0.17,5)
- ง.382 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 282  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (1,0.33,3)
- ง.383 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 282  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (1,0.40,4)

- ง.384 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 282  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
FARIMA (0,0.14,1)
- ง.385 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 283  
เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(1,0.16,0)
- ง.386 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 283  
เครื่องปลายทาง node1.cesnet.cz ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(5,0.42,5)
- ง.387 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 284  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(4,0.16,2)
- ง.388 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 284  
เครื่องปลายทาง node1.dl.ac.uk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(5,0.39,3)
- ง.389 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 284  
เครื่องปลายทาง node1.ece.rice.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(4,0.48,5)
- ง.390 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 285  
เครื่องปลายทาง node1.fnal.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(5,0.38,5)
- ง.391 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 285  
เครื่องปลายทาง node1.fzk.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(3,0.19,0)
- ง.392 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 285  
เครื่องปลายทาง node1.in2p3.fr ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(3,0.38,5)
- ง.393 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 286  
เครื่องปลายทาง node1.indiana.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(5,0.23,1)

- ง.394 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 286  
เครื่องปลายทาง node1.internet2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (5,0.16,5)
- ง.395 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 286  
เครื่องปลายทาง node1.kek.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(5,0.46,5)
- ง.396 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 287  
เครื่องปลายทาง node1.lbl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(2,0.30,5)
- ง.397 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 287  
เครื่องปลายทาง node1.lsa.umich.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (4,0.41,3)
- ง.398 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 287  
เครื่องปลายทาง node1.mcs.anl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(2,0.000055,3)
- ง.399 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 288  
เครื่องปลายทาง node1.mib.infn.it ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(2,0.41,4)
- ง.400 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 288  
เครื่องปลายทาง node1.niit.pk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(0,0.27,0)
- ง.401 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 288  
เครื่องปลายทาง node1.nikhef.nl ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(5,0.07,4)
- ง.402 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 289  
เครื่องปลายทาง node1.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (4,0.49,4)
- ง.403 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 289  
เครื่องปลายทาง node1.riken.go.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(5,0.26,5)

- ง.404 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 289  
เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(2,0.20,4)
- ง.405 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 290  
เครื่องปลายทาง node1.sox.i2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(1,0.18,3)
- ง.406 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 290  
เครื่องปลายทาง node1.stanford.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (5,0.08,4)
- ง.407 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 290  
เครื่องปลายทาง node1.switch.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(5,0.000074,5)
- ง.408 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 291  
เครื่องปลายทาง node1.uiuc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(4,0.26,4)
- ง.409 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 291  
เครื่องปลายทาง node1.utdallas.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.27,4)
- ง.410 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 291  
เครื่องปลายทาง node2.ccs.ornl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(4,0.40,4)
- ง.411 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 292  
เครื่องปลายทาง node2.cern.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(3,0.35,5)
- ง.412 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 292  
เครื่องปลายทาง node2.gsfc.nasa.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (4,0.49,5)
- ง.413 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 292  
เครื่องปลายทาง node2.nersc.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(3,0.35,4)

- ง.414 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 293  
 เครื่องปลายทาง node2.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (5,0.17,1)
- ง.415 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 293  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.11,0)
- ง.416 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 293  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.48,2)
- ง.417 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 294  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.46,5)
- ง.418 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 294  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.31,2)
- ง.419 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 294  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.15,0)
- ง.420 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 295  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.01,3)
- ง.421 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 295  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (6,0.44,2)
- ง.422 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 295  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.33,2)
- ง.423 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 296  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.0000458,1)

- ง.424 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 296  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.49,3)
- ง.425 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 296  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.45,5)
- ง.426 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 297  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.0003,5)
- ง.427 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 297  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.000054,0)
- ง.428 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 297  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.40,4)
- ง.429 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 298  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (0,0.0000458,4)
- ง.430 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 298  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (2,0.30,3)
- ง.431 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 298  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (6,0.0000458,1)
- ง.432 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 299  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (2,0.39,5)
- ง.433 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 299  
 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (4,0.32,1)

- ง.434 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 299  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (3,0.49,3)
- ง.435 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 300  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.45,5)
- ง.436 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 300  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (0,0.31,3)
- ง.437 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 300  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (1,0.07,1)
- ง.438 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 301  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (3,0.49,2)
- ง.439 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 301  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (4,0.38,1)
- ง.440 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 301  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (6,0.35,3)
- ง.441 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 302  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (4,0.32,2)
- ง.442 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 302  
เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.42,2)
- ง.443 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 302  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (3,0.49,3)

- ง.444 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 303  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (0,0.000071,4)
- ง.445 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 303  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (0,0.19,5)
- ง.446 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 303  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (3,0.48,2)
- ง.447 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 304  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.33,2)
- ง.448 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 304  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (0,0.16,4)
- ง.449 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 304  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (4,0.30,1)
- ง.450 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 305  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (3,0.08,2)
- ง.451 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 305  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.0000458,0)
- ง.452 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 305  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.07,1)
- ง.453 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 306  
เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.0000458,1)

- ง.454 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 306  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (3,0.41,1)
- ง.455 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 306  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (4,0.33,1)
- ง.456 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 307  
 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (0,0.01,1)
- ง.457 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 307  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (5,0.42,3)
- ง.458 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 307  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (0,0.31,0)
- ง.459 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 308  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (5,0.30,1)
- ง.460 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 308  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (2,0.27,5)
- ง.461 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 308  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (1,0.48,5)
- ง.462 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 309  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (6,0.35,3)
- ง.463 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 309  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (3,0.40,3)

- ง.464 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 309  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (2,0.48,2)
- ง.465 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 310  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (4,0.0000458,0)
- ง.466 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 310  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (0,0.11,0)
- ง.467 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 310  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (1,0.19,5)
- ง.468 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 311  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (3,0.42,2)
- ง.469 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 311  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (2,0.46,3)
- ง.470 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 311  
 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (4,0.47,2)
- ง.471 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 312  
 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (3,0.49,5)
- ง.472 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 312  
 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (3,0.38,4)
- ง.473 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 312  
 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (2,0.46,5)

- ง.474 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 313  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (3,0.49,3)
- ง.475 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 313  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (3,0.30,3)
- ง.476 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 313  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (0,0.27,1)
- ง.477 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 314  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.33,3)
- ง.478 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 314  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (1,0.49,2)
- ง.479 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 314  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.48,4)
- ง.480 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 315  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (5,0.49,4)
- ง.481 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 315  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (4,0.32,2)
- ง.482 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 315  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (3,0.45,4)
- ง.483 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 316  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (0,0.46,0)

- ง.484 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 316  
เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (3,0.00000458,3)
- ง.485 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 316  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (2,0.34,4)
- ง.486 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 317  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (0,0.21,2)
- ง.487 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 317  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (4,0.05,1)
- ง.488 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 317  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (0,0.28,2)
- ง.489 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 318  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (1,0.02,5)
- ง.490 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 318  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (5,0.30,1)
- ง.491 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 318  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (5,0.39,4)
- ง.492 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 319  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (1,0.00000458,4)
- ง.493 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 319  
เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
FARIMA (5,0.00000458,4)

- ง.494 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 319  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (5,0.33,4)
- ง.495 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 320  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (0,0.29,0)
- ง.496 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 320  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (2,0.49,3)
- ง.497 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 320  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (4,0.42,4)
- ง.498 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 321  
 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ)  
 FARIMA (3,0.12,3)
- ง.499 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 321  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.46,1)
- ง.500 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 321  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.46,3)
- ง.501 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 322  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.36,4)
- ง.502 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 322  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.41,3)
- ง.503 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 322  
 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
 (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.49,3)

- ง.504 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 323  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
(ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.34,3)
- ง.505 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 323  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
(ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.45,3)
- ง.506 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 323  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
(ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.47,5)
- ง.507 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 324  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
(ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.05,4)
- ง.508 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 324  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
(ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.45,2)
- ง.509 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 324  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
(ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.30,4)
- ง.510 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 325  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
(ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.49,4)
- ง.511 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 325  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
(ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.31,5)
- ง.512 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 325  
เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา  
(ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.01,1)

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

การใช้งานแอปพลิเคชันในการติดต่อสื่อสารและการรับ-ส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นรูปแบบการดำเนินชีวิตประจำวันและการดำเนินธุรกิจของผู้คนในยุคปัจจุบัน เนื่องจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายบริเวณกว้าง (Wide Area Networks - WAN) มีโครงข่ายและทรัพยากรพื้นฐานซึ่งสามารถเชื่อมโยงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ทั่วโลกเข้าด้วยกัน ทรัพยากรสำหรับรับ-ส่งข้อมูลภายในเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะถูกใช้งานร่วมกัน (shared resources) คุณภาพของบริการการรับ-ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่ถูกใช้งานร่วมกันนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณผู้ใช้งาน ส่งผลให้บริการแบบปกติของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะเป็นไปตามหลักการของการพยายามให้บริการที่ดีที่สุด (best-effort service) ไม่มีการรับประกันคุณภาพของการให้บริการ อย่างไรก็ตาม บางส่วนของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตอาจมีการให้บริการแบบรับประกันคุณภาพของการให้บริการ (guaranteed Quality of Service - QoS) ซึ่งจัดได้โดยการจัดสรรทรัพยากรของระบบให้กับผู้ใช้กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเป็นการเฉพาะ (reserved resources)

ตัวชี้วัดสมรรถนะในการให้บริการของระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลของแอปพลิเคชัน หากข้อมูลของแอปพลิเคชันถูกรับ-ส่งด้วยความเร็วที่เหมาะสม ข้อมูลเดินทางถึงจุดหมายปลายทางทันกำหนดเวลา ผู้ใช้จะมีความพึงพอใจสูง ในทางตรงกันข้าม หากเกิดความล่าช้าในการรับ-ส่งข้อมูลของแอปพลิเคชัน ผู้ใช้จะเกิดความไม่พึงพอใจต่อบริการที่ได้รับ ทรัพยากรของระบบเครือข่ายที่ส่งผลต่อความเร็วในการติดต่อสื่อสารและการรับ-ส่งข้อมูลของแอปพลิเคชันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้แก่ ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (available bandwidth) ตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end paths) กล่าวคือ หากตลอดเส้นทางมีปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานเพียงพอต่อความต้องการของแอปพลิเคชันและมีความแปรปรวนต่ำ สมรรถนะในการให้บริการของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจะจัดอยู่ในระดับสูง ส่งผลให้ข้อมูลของแอปพลิเคชันถูกจัดส่งถึงปลายทางอย่างรวดเร็ว ทันกำหนดเวลา ในทางกลับกันหากปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของแอปพลิเคชัน หรือ มีความแปรปรวนสูง จะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่จัดให้กับแอปพลิเคชัน ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลถูกจัดส่งถึงผู้ล่าช้า หรือ อาจเดินทางถึงปลายทางไม่ทันต่อกำหนดเวลา

ตัวอย่างแอปพลิเคชันที่ใช้บริการจากระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และใช้ความเร็วของการรับ-ส่งข้อมูลเป็นตัวชี้วัดสมรรถนะของแอปพลิเคชัน (bandwidth-sensitive applications) ได้แก่ แอปพลิเคชันสำหรับการรับชมคลิป์วิดีโอที่สด (video streaming) แอปพลิเคชันสำหรับการประชุมทางไกลผ่านระบบวิดีโอ (video conferencing) แอปพลิเคชันเพื่อการศึกษาทางไกล (distance learning) และ แอปพลิเคชันเกมออนไลน์ (online games, network gaming) โดยสำหรับแอปพลิเคชันเหล่านี้ หากมีปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทางมีไม่เพียงพอ หรือ มีความแปรปรวนสูง จะส่งผลให้คลิป์วิดีโอที่ได้รับมีคุณภาพต่ำ (low quality) ผู้ใช้รับชมคลิป์วิดีโอแบบติดขัด ไม่ต่อเนื่อง (discontinuous playbacks) และ อาจจะส่งผลให้แอปพลิเคชันหยุดทำงานในที่สุด (service disruption)

ความสามารถในการพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในอนาคตอย่างถูกต้องแม่นยำจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อแอปพลิเคชันที่มีความอ่อนไหวต่อปริมาณและความแปรปรวนแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานภายในช่องสื่อสาร (bandwidth-sensitive applications) ดังกล่าวข้างต้น ผู้ให้บริการแอปพลิเคชันสามารถใช้ข้อมูลปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในอนาคตในการวางแผนการให้บริการให้มีประสิทธิภาพ มีความสอดคล้องกับปริมาณและความแปรปรวนของแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานภายในช่องสื่อสาร การวางแผนการให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพจะส่งผลต่อเนื่องให้การรับชมคลิป์วิดีโอที่สด (video streaming) การประชุมทางไกลผ่านระบบวิดีโอ (video conferencing) และการศึกษาทางไกล (distance learning) และ การเล่นเกมออนไลน์ (online games, network gaming) ของผู้ใช้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพ

ตัวอย่างการวางแผนการให้บริการ ได้แก่ การเตรียมวิดีโอที่สดที่มีบิตเรต (bitrate) เหมาะสมกับปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ (server) ไปยังเครื่องไคลเอนต์ (client) ซึ่งหากมีการส่งวิดีโอที่สดที่มีบิตเรตเหมาะสมกับปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน จะส่งผลให้ผู้ใช้สามารถรับชมวิดีโอที่สดได้อย่างต่อเนื่อง และวิดีโอที่รับชมจะมีคุณภาพสูงสุดตามปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในเส้นทางนั้น ตัวอย่างดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงผลของการพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางส่งผลให้ผู้ให้บริการสามารถวางแผนการให้บริการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการวางแผนการให้บริการอย่างมีประสิทธิภาพมีผลจากการพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานที่แม่นยำ

ตัวแบบอนุกรมเวลา (Time series models) เป็นตัวแบบทางสถิติที่มีการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการพยากรณ์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ยกตัวอย่างเช่น การพยากรณ์ข้อมูลราคาปิดหุ้น (อุมาวดี เดชธำรงค์ และ วิระพงษ์ จันทร์สนาม, 2561) ข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยว (นิตินัย รุ่งจินดารัตน์ และ นลินี พานสายตา, 2559) และ ข้อมูลการลงทุนด้านอสังหาริมทรัพย์ (นิพนธ์ วงศ์จินดา, 2560) เป็นต้น อุมาวดี เดชธำรงค์ และ วิระพงษ์ จันทร์สนาม (2561) ได้ทำการทดลองพยากรณ์

ข้อมูลอนุกรมเวลาราคาปิดหุ้นที่ถูกซื้อขายในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทยของบริษัท ซีพี ออลล์ จำกัด (มหาชน) โดยใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA (p,d,q)) ในการพยากรณ์ข้อมูลราคาปิดหุ้นและทำการเปรียบเทียบค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ ซึ่งผลลัพธ์จากการทดลองพบว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลราคาปิดหุ้นนี้ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลา ARIMA (3,0,2) และผลการเปรียบเทียบความแม่นยำระหว่างค่าที่พยากรณ์ล่วงหน้า 30 วัน กับข้อมูลจริงชี้ให้เห็นว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ต่ำ นิตินัย รุ่งจินดารัตน์ และ นลินี พานสายตา (2559) ทำการพยากรณ์ข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวชาวรัสเซียที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทย ณ สนามบินสุวรรณภูมิ ล่วงหน้า 6 เดือน โดยเลือกใช้ตัวแบบอาร์มีนาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]) ในการพยากรณ์ เนื่องจาก การสร้างตัวแบบโดยพิจารณาแนวโน้มฤดูกาลด้วยความสอดคล้องกับลักษณะโดยธรรมชาติของการเดินทางเข้ามาในประเทศไทยของนักท่องเที่ยว ยกตัวอย่างเช่น นักท่องเที่ยวจะนิยมเดินทางเข้ามาในประเทศไทยในช่วงที่มีเทศกาลทางวัฒนธรรมหรือประเพณีที่สำคัญ การนิยมเดินทางเข้ามาในประเทศไทยในช่วงฤดูหนาวซึ่งมีอากาศเย็นสบายหรือ การนิยมเดินทางเข้ามาในช่วงที่ไม่ใช่ฤดูมรสุมเพื่อให้สามารถเดินทางไปยังแหล่งท่องเที่ยวทางทะเลต่าง ๆ ได้อย่างปลอดภัย เป็นต้น ซึ่งผลการทดลองแสดงว่าตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์กับข้อมูลจำนวนนักท่องเที่ยวชาวรัสเซียที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทย ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลา SARIMA (0,1,0) (0,1,1) [12] และมีการนำตัวแบบ SARIMA (0,1,0) (0,1,1) [12] ไปพยากรณ์ และรายงานผลการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวชาวรัสเซียล่วงหน้า 6 เดือน คือ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2558 จนถึง เดือนธันวาคม 2558 อย่างไรก็ตาม ผู้ดำเนินงานวิจัย (นิตินัย รุ่งจินดารัตน์ และ นลินี พานสายตา, 2559) มิได้มีการอภิปรายเกี่ยวกับความแม่นยำของตัวแบบในการพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวแต่อย่างใด นิพนธ์ วงศ์จินดา (2560) ทำการพยากรณ์มูลค่าของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์โดยใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนาเป็นตัวแบบพื้นฐาน โดยได้รายงานผลการทดสอบตัวแบบว่า การใช้ตัวแบบอาร์มีนาในการวิเคราะห์มูลค่าของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์มีความเหมาะสม กล่าวคือ พยากรณ์ว่ามีแนวโน้มที่มูลค่าของธุรกิจอสังหาริมทรัพย์จะเพิ่มขึ้นในปีถัดไป ซึ่งระดับความเชื่อมั่นในการพยากรณ์อยู่ในระดับสูงเนื่องจากผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนจากค่าข้อมูลจริงเพียงเล็กน้อย

ค่าสถิติที่นิยมใช้ในการวัดสมรรถนะหรือความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบอนุกรมเวลามีอยู่ด้วยกันหลายค่า ได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation - MAD) จะทำการวัดค่าความแม่นยำจากค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error - MSE) วัดความแม่นยำจากค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลัง

สองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE) มีกระบวนการวัดเหมือนกับค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยแต่จะใช้ค่ารากที่สองเข้ามาช่วยในการคำนวณ ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Percentage Error - MPE) จะวัดความแม่นยำจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริงของข้อมูล และ ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) จะวัดความแม่นยำจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริงของข้อมูลเหมือนกับการหาร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย แตกต่างกันที่การวัดความแม่นยำวิธีนี้จะใช้ค่าสัมบูรณ์เข้ามาช่วยพิจารณาความแม่นยำด้วย การวัดค่าสถิติที่กล่าวมาข้างต้นมีจุดประสงค์เพื่อวัดสมรรถนะซึ่งในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปยังความแม่นยำในการพยากรณ์แบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง

อย่างไรก็ตาม การนำตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับพยากรณ์ข้อมูลทางด้านเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้ทันทีกับการสร้างตัวแบบและพยากรณ์ข้อมูลแบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth) ยังมีความท้าทายในสองประการหลัก ดังต่อไปนี้

ความท้าทายประการแรก ได้แก่ คาบเวลาที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์และคาบเวลาที่ใช้ในการจัดเก็บข้อมูลแบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth) มีความแตกต่างกัน โดยข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์นิยมใช้คาบเวลาในการจัดเก็บข้อมูลเป็นรายวัน รายสัปดาห์ รายเดือน รายไตรมาส และรายปี ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลจำนวนผู้ที่เข้าใช้บริการในห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่งในหนึ่งวัน ข้อมูลรายรับแต่ละเดือนของบริษัทแห่งหนึ่ง ข้อมูลการเติบโตของเศรษฐกิจในแต่ละไตรมาส และ ข้อมูลการท่องเที่ยวในแต่ละปี เป็นต้น ในทางตรงกันข้าม การจัดเก็บข้อมูลแบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานในแต่ละเส้นทางนิยมใช้คาบเวลาที่สั้นกว่า เช่น ทุกหนึ่งนาทีก ทุกห้านาที ทุก 15 นาที ทุกครึ่งชั่วโมง และ ทุกหนึ่งชั่วโมง เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากโดยธรรมชาติแบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานในแต่ละเส้นทางมีความถี่ของการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นความแตกต่างของคาบเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์และข้อมูลแบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานในแต่ละเส้นทางจึงส่งผลให้ พารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA (p,d,q)) ที่งานวิจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ซึ่งได้รายงานไว้ก่อนหน้านี้ (นิตินัย รุ่งจินดารัตน์ และ นลินี พานสายตา, 2559) (นิพนธ์ วงศ์จินดา, 2560) (อุมาวดี เดชธำรงค์ และ วิระพงศ์ จันทร์สนาม, 2561) ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาสำหรับพยากรณ์ข้อมูลแบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานได้

ประการที่สอง นอกจากตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA (p,d,q)) แล้ว ตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถนำมาสร้างตัวแบบเพื่อพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตได้ยังมีอยู่อีกหลายตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล

(Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average -ARFIMA(p,d,q) หรือ FARIMA (p,d,q)) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]) ตัวแบบอนุกรมเวลาทั้งสี่ตัวแบบนี้มีพื้นฐานการทำงานเหมือนกัน กล่าวคือ ใช้เทคนิคที่สำคัญของอนุกรมเวลาสามเทคนิค ได้แก่ เทคนิคการสร้างตัวแบบแบบการถดถอยในตัวเอง (Autoregressive - AR) เทคนิคการผสมผสาน (Integrated - I) และ เทคนิคการสร้างตัวแบบแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) มาประยุกต์ใช้งานร่วมกันเพื่อสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปใช้พยากรณ์

เทคนิคการสร้างตัวแบบแบบการถดถอยในตัวเอง (Autoregressive - AR) จะมีลักษณะการทำงานโดยอ้างอิงจากข้อมูลของตัวเองในอดีตสำหรับพยากรณ์ข้อมูลในอนาคต โดยค่าอันดับของการถดถอยในตัวเองแทนด้วยพารามิเตอร์  $p$  ส่วนเทคนิคการผสมผสาน (Integrated - I) เป็นเทคนิคที่ช่วยผสมผสานระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์กับตัวแบบอนุกรมเวลา กล่าวคือ การสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมจะต้องใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ซึ่งหากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-stationary) เทคนิคจะทำการปรับข้อมูลอนุกรมเวลาให้มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ด้วยการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลา (Differencing) ซ้ำจนจะได้ข้อมูลที่มีคุณสมบัติคงที่ ซึ่งจำนวนครั้งของการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาจะหมายถึงค่าอันดับที่แทนด้วยพารามิเตอร์  $d$  และเทคนิคการสร้างตัวแบบแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) มีลักษณะการทำงานคล้ายกับเทคนิคการสร้างตัวแบบแบบการถดถอยในตัวเอง (Autoregressive - AR) แต่มีข้อแตกต่างกันที่ผลของการพยากรณ์ขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนของตัวเองในอดีต โดยค่าอันดับของค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แทนด้วยพารามิเตอร์  $q$  นอกเหนือจากตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (ARIMA) แล้ว ตัวแบบอนุกรมเวลาอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้พยากรณ์ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้น จะเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาที่ถูกพัฒนาต่อจากตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (ARIMA) โดยการเพิ่มปัจจัยอื่น ๆ มาร่วมพิจารณาในการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาด้วย ในตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (SARIMA) จะนำส่วนของฤดูกาล (Seasonal) มาร่วมพิจารณาในการสร้างตัวแบบ ในทางเดียวกันของตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (FARIMA หรือ ARFIMA) จะทำการพิจารณาค่าพารามิเตอร์ (parameter)  $d$  ของเทคนิคการผสมผสาน (Integrated - I) ให้อยู่ในรูปแบบจำนวนจริง และตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมาแบบฤดูกาล (SFARIMA) จะเป็นการผสมผสานของตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (SARIMA) และ ฟาร์ริมา (FARIMA หรือ ARFIMA) กล่าวคือ จะพิจารณาทั้งในส่วนฤดูกาลและค่าพารามิเตอร์  $d$  ให้อยู่ในรูปแบบจำนวนจริง โดยเป้าหมายสำคัญของทั้งสี่ตัวแบบคือการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่สมบูรณ์และเหมาะสมกับข้อมูลมากที่สุดเพื่อให้ได้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำมากที่สุด ความท้าทายในประการที่สองนี้จะส่งผลให้ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา

(ARIMA) ซึ่งได้รับการรายงานว่าเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมสำหรับพยากรณ์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ (นิตินัย รุ่งจินดารัตน์ และ นลินี พานสายตา, 2559) (นิพนธ์ วงศ์จินดา, 2560) (อุมาวดี เดชธำรงค์ และ วิระพงษ์ จันทรสนาม, 2561) อาจจะยังไม่ใช่ตัวแบบที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง

งานวิจัยฉบับนี้แบ่งการทำงานออกได้เป็นสองระยะ ระยะแรกเป็นศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาออริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาออริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) โดยใช้ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่ถูกเผยแพร่โดย Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) ตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 (SLAC National Accelerator Laboratory, 2018) งานวิจัยระยะแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบอนุกรมเวลาแต่ละตัวแบบ โดยใช้ค่าสถิติเอไอซี (Akaike Information Criterion - AIC) เป็นเกณฑ์สำหรับเปรียบเทียบชุดพารามิเตอร์ กล่าวคือ ค่าสถิติเอไอซีที่น้อยกว่าจะหมายความว่าชุดพารามิเตอร์มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลมากกว่า ผลลัพธ์ของการทำงานระยะแรก คือ ชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบอนุกรมเวลาออริมา (ARIMA) ออริมาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟารีมา (FARIMA) และฟารีมาแบบฤดูกาล (SFARIMA)

งานวิจัยในระยะที่สองจะเป็นการศึกษาการนำตัวแบบอนุกรมเวลาร่วมด้วยชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการทำงานในระยะแรกไปใช้ในการพยากรณ์ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth) ที่เผยแพร่โดย Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 โดยตัวชี้วัดคุณภาพของตัวแบบอนุกรมเวลาในการพยากรณ์จะหมายถึงความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในอนาคต ซึ่งเครื่องมือชี้วัดประสิทธิภาพความแม่นยำที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE) โดยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยนี้น้อยจะหมายถึงผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย (ความแม่นยำสูง) แสดงว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้มีคุณภาพดีและเหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์กับข้อมูลปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth)

## 1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา (ARIMA) อาร์มีนาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มีนา (FARIMA) และฟาร์มีนาแบบฤดูกาล (SFARIMA) สำหรับการพยากรณ์ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง

2. เพื่อเปรียบเทียบชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา (ARIMA) อาร์มีนาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มีนา (FARIMA) และฟาร์มีนาแบบฤดูกาล (SFARIMA) โดยใช้ค่าทางสถิติเอไอซี (Akaike Information Criterion - AIC) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

3. เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานโดยใช้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ

## 1.3 คำถามการวิจัย

เนื่องจากข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับแอปพลิเคชันที่ให้บริการผ่านอินเทอร์เน็ต การทราบข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานล่วงหน้าจะช่วยให้การบริการมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังนั้นคำถามการวิจัย คือ ผู้วิจัยสามารถทราบข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานได้อย่างไร

## 1.4 สมมติฐานการทดลอง

เนื่องจากตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา (ARIMA) อาร์มีนาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มีนา (FARIMA) และฟาร์มีนาแบบฤดูกาล (SFARIMA) มีคุณลักษณะร่วมที่สำคัญ คือ ตัวแบบทั้งสี่ประเภทอธิบายแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางในระยะเวลาหนึ่ง โดยอาศัยพื้นฐานจากแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานของเส้นทางเดียวกันในอดีต ดังนั้นสามารถเขียนสมมติฐานได้ ดังนี้

1. ตัวแบบอนุกรมเวลา  $ARIMA(p, d, q)$ ;  $p, d, q \in I^+$  สามารถใช้เป็นตัวแบบของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทางได้
2. ตัวแบบอนุกรมเวลา  $SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)[s]$ ;  $p, d, q \in I^+$  สามารถใช้เป็นตัวแบบของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทางได้

3. ตัวแบบอนุกรมเวลา  $FARIMA(p, d, q)$ ;  $d \in R$  สามารถใช้เป็นตัวแบบของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทางได้
4. ตัวแบบอนุกรมเวลา  $SFARIMA(p, d, q)(P, D, Q)[s]$ ;  $d, D \in R$  สามารถใช้เป็นตัวแบบของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทางได้
5. ตัวแบบอนุกรมเวลา  $ARIMA$ ,  $SARIMA$ ,  $FARIMA$ ,  $SFARIMA$  มีสมรรถนะที่แตกต่างกันในการพยากรณ์ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง

### 1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้เป็นชุดข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่เผยแพร่โดยสแล็ก (Stanford Linear Accelerator Center - SLAC) ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 (SLAC National Accelerator Laboratory, 2018)

### 1.6 ประโยชน์ของงานวิจัย

1. ทราบถึงกระบวนการในการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา สำหรับพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา
2. สามารถประยุกต์กระบวนการในการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาให้เหมาะสมกับข้อมูลที่จะใช้สำหรับพยากรณ์
3. ผลการพยากรณ์เป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการให้บริการต่าง ๆ สำหรับโปรแกรมประยุกต์

## บทที่ 2

### วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา (time series models) และการใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาในการพยากรณ์ข้อมูลที่อยู่ในความสนใจ ซึ่งเกี่ยวข้องกับวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวคือ การศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา รูปแบบต่าง ๆ สำหรับพยากรณ์ข้อมูลปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth) และเปรียบเทียบสมรรถนะหรือความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อค้นหาตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถพยากรณ์ได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

โดยบทนี้แบ่งการอภิปรายเนื้อหาเป็นสองหัวข้อ ดังต่อไปนี้ หัวข้อที่ 2.1 จะเป็นการอภิปรายโดยสังเขปถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และ หัวข้อที่ 2.2 จะกล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หัวข้อนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยทั้งในเครือข่ายแบบใช้สาย (wired networks) และเครือข่ายแบบไร้สาย (wireless networks) ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวแบบและพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้าง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Putthividhya, Ghosh, & Tavanapong, 2008) (Padhye, Firoiu, Towsley, & Kurose, 1998) (Xue & Rio, 2019) (Rana, Bhandari, & Shrestha, 2017) (Aldhyani & Joshi, 2017) (Karagiannis, Molle, & Faloutsos, 2004) (Belhaj & Tagina, 2009) (Riiser, Endestad, Vigmostad, Griwodz, & Halvorsen, 2011) มีแหล่งที่มาของข้อมูล ใช้เทคนิคการสร้างตัวแบบ และสนใจศึกษาหน่วยวัดสมรรถนะของข่ายงานบริเวณกว้าง ที่แตกต่างกันไป ซึ่งนอกจากในส่วนของเครือข่าย (Networks) แล้วยังมีการศึกษาในงานวิจัยด้านเศรษฐศาสตร์ (Economics) ได้แก่ (Liu และ Deng, 2019)

ตารางที่ 2.1 แสดงสรุปเฉพาะเครือข่ายบริเวณกว้างซึ่งเป็นแหล่งที่มาของข้อมูลที่นำมาใช้ศึกษา และหน่วยวัดสมรรถนะหลักที่ได้รับการศึกษาในงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ในส่วนของเทคนิคที่แต่ละงานวิจัยนำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างตัวแบบ จะมีการอภิปรายไว้ในหัวข้อเฉพาะสำหรับแต่ละงานวิจัย

ตารางที่ 2.1

ตารางแสดงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งตามหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างกับเครือข่ายที่ศึกษา

หน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้าง				
	แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (available bandwidth)	ปริมาณงานที่ได้รับของทีซีพีโฟลว์ (TCP flow throughput)	ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ต (Internet traffic)	ความล่าช้าของเครือข่าย (network delay)
เครือข่ายแบบใช้สาย (wired networks)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modeling of End-to-End Available Bandwidth in Wide Area Network (Putthividhya, Ghosh, &amp; Tavanapong, 2008)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modeling TCP Throughput: A Simple Model and its Empirical Validation (Padhye, Firoiu, Towsley, &amp; Kurose, 1998)</li> <li>- Predicting TCP Throughput Using Time Series Forecasting (Xue &amp; Rio, 2019)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Network Bandwidth Utilization Prediction Based on Observed SNMP data (Rana, Bhandari, &amp; Shrestha, 2017)</li> <li>- Intelligent Time Series Model to Predict Bandwidth Utilization (Aldhyani &amp; Joshi, 2017)</li> <li>- Long-Range Dependence Ten Years of Internet Traffic Modeling (Karagiannis, Molle, &amp; Faloutsos, 2004)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modeling and Prediction of the Internet End-to-end Delay using Recurrent Neural Networks (Belhaj &amp; Tagina, 2009)</li> </ul>
เครือข่ายแบบไร้สาย (wireless networks)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Video Streaming Using a Location-based Bandwidth-Lookup Service for Bitrate Planning (Riiser, Endestad, Vigmostad, Griwodz, &amp; Halvorsen, 2011)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ยังไม่พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนนี้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ยังไม่พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนนี้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ยังไม่พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในส่วนนี้</li> </ul>

### 2.1.1 เครือข่ายแบบใช้สาย (Wired Networks)

เครือข่ายแบบใช้สาย (wired networks) เป็นรูปแบบพื้นฐานสำหรับการสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์ มีลักษณะเด่น กล่าวคือ การใช้สายสื่อสาร (communication cables) และอุปกรณ์ต่อพ่วง ได้แก่ ฮับ (hubs) และ สวิตช์ (switches) เชื่อมโยงกลุ่มของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์เข้าเป็นเครือข่าย เพื่อติดต่อสื่อสารและรับ-ส่งข้อมูลระหว่างกัน พื้นที่ให้บริการสำหรับเครือข่ายแบบใช้สายมีความหลากหลาย ครอบคลุมตั้งแต่พื้นที่ขนาดเล็กภายในบริเวณบ้าน สำนักงาน ไปจนถึงพื้นที่ระหว่างประเทศ

งานวิจัยในอดีตที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างตัวแบบและการพยากรณ์สมรรถนะหลักของเครือข่ายแบบใช้สาย สนใจศึกษาสมรรถนะหลักของเครือข่ายที่แตกต่างกัน ได้แก่ แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (available bandwidth) (Putthividhya, Ghosh, และ Tavanapong, 2008) ปริมาณงานที่ได้รับของทีซีพีโฟลว์ (TCP flow throughput) (Padhye, Firoiu, Towsley, และ Kurose, 1998) (Xue และ Rio, 2019) ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ต (Internet traffic) (Rana, Bhandari, และ Shrestha, 2017) (Aldhyani และ Joshi, 2017) (Karagiannis, Molle, และ Faloutsos, 2004) และ ความล่าช้าของเครือข่าย (network delay) (Belhaj และ Tagina, 2009) ซึ่งจะได้นำมาสรุปโดยสังเขปในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ดังต่อไปนี้

#### 2.1.1.1 Modeling of End-to-End Available Bandwidth in Wide Area Networks (Putthividhya, Ghosh, & Tavanapong, 2008)

งานวิจัยนี้ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทางในข่ายงานบริเวณกว้าง (Wide Area Networks) โดยมีสมมติฐานสองข้อ กล่าวคือ ข้อแรกค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตามช่วงเวลาของเส้นทางสามารถสร้างได้ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving-Average - ARIMA) และ อีกสมมติฐานคือค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตามช่วงเวลาของเส้นทางสามารถสร้างได้ด้วยตัวแบบความคล้ายตนเอง (Self-Similar Model) ซึ่งในกระบวนการนี้ต้องคำนวณค่าเฮิร์ท (Hurst parameter หรือ Hurst exponent) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำหรับเลือกตัวแบบความคล้ายตนเองที่เหมาะสม

งานวิจัยนี้ได้ชุดข้อมูลค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานที่ถูกเผยแพร่จากสแล็ก (Stanford Linear Accelerator Center - SLAC) และได้ทำการตรวจสอบชุดข้อมูลดังกล่าวตามสมมติฐานโดยใช้ซอฟต์แวร์ทางสถิติ R ซึ่งชุดข้อมูลนี้ถูกจัดเก็บจาก 34 เส้นทาง และมีช่วงการเก็บข้อมูลเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2004 ซึ่งชุดข้อมูลมีที่ได้รับจากสแล็กมีสองปัญหา คือ ชุดข้อมูลมีบางค่าที่ผิดปกติ จัดการโดยการลบค่าที่ผิดปกติออกจากชุดข้อมูลนั้น อีกปัญหา

คือ การวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในคาบเวลาที่ไม่เท่ากันโดยเฉลี่ย 1 นาที สามารถจัดการข้อมูลที่มีปัญหาลักษณะนี้ได้โดยการตัดแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลย่อย ๆ ที่มีกัรัดค่าที่ช่วงเวลาเท่า ๆ กัน หลังจากนั้นนำชุดข้อมูลที่ได้รับการจัดการให้อยู่ในสภาพพร้อมแล้วไปสร้างตัวแบบด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีตามสมมติฐานแรก และสร้างตัวแบบด้วยตัวแบบความคล้ายตนเอง (Self-Similar Model) ซึ่งตัวแบบความคล้ายตนเองต้องใช้ค่าเฮิร์ท (Hurst parameter หรือ Hurst exponent) ของแต่ละชุดข้อมูล สามารถคำนวณได้จากสี่เทคนิค ดังนี้ R/S plot, periodogram, standard Whittle's MLE-FGN, และ standard Whittle's MLE-SFARIMA

ผลลัพธ์ในการทดลองในสมมติฐานแรกพบว่าไม่สามารถสร้างตัวแบบสำหรับแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตามช่วงเวลาของเส้นทางด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาและในสมมติฐานที่สอง พบว่า แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตามช่วงเวลาของเส้นทางสามารถสร้างตัวแบบได้ด้วยตัวแบบความคล้ายตนเอง (Self-Similar Model) ซึ่งสองตัวแบบความคล้ายตนเองที่สามารถสร้างตัวแบบดังกล่าวได้คือตัวแบบอนุกรมเวลาเอฟจีเอ็น (Fractional Gaussian Noise - FGN) และตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แตกต่างจากงานวิจัย (Putthividhya, Ghosh, และ Tavanapong, 2008) ทั้งในส่วนของวัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงานและสมมติฐานเกี่ยวกับตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลัก กล่าวคือ ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง ซึ่งตัวแบบอนุกรมเวลาที่อยู่ในขอบเขตของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (ARIMA) อาร์มีมาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟารีมา (FARIMA) และฟารีมาแบบฤดูกาล (SFARIMA) เพื่อค้นหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์มากที่สุด รวมไปถึงครอบคลุมข้อมูลอนุกรมเวลาในทุกรูปแบบ เนื่องจากสามารถนำองค์ประกอบของประกอบของอนุกรมเวลาอย่างเช่น แนวโน้ม (trend) และ ความเป็นฤดูกาล (seasonal) พิจารณาด้วยในการพยากรณ์ ทำให้ผลการพยากรณ์จะมีความแม่นยำมากขึ้น เพราะได้ทำการพยากรณ์ตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาชุดนั้น ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของวนิดา พฤทธิวิทยา และคณะ (2008) ที่มุ่งเน้นศึกษาว่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตามช่วงเวลาของเส้นทางสามารถสร้างได้ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving-Average - ARIMA) และ ตัวแบบความคล้ายตนเอง (Self-Similar Model) หรือไม่

### 2.1.1.2 Modeling TCP Throughput: A Simple Model and its Empirical Validation (Padhye, Firoiu, Towsley, & Kurose, 1998)

ในงานวิจัยนี้ แพดฮ์เย ฟิโลย ทาวสเลย์ และ คูโรส (1998) ศึกษาการสร้างตัวแบบสำหรับคำนวณปริมาณงานที่ทีซีพีโฟลว์ได้รับ (TCP throughput) จากอัตราการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูล (loss rate) และ ระยะเวลาที่แพ็คเก็ตข้อมูลใช้ในการเดินทางไปกลับ (round trip time - RTT) โดยผู้วิจัยต้องการให้ตัวแบบที่สร้างขึ้นสามารถสะท้อนผลกระทบที่เกิดจากเครื่องมือหลักในการทำงานของทีซีพีโฟลว์ ได้แก่ (1) กลไกฟาสตรีทรานสมิต (TCP's fast retransmit mechanism) (2) กลไกการจำกัดเวลาที่ทีซีพีฝั่งผู้ส่งรอการตอบรับ (Acknowledgment - ACK) จากฝั่งผู้รับ ซึ่งเรียกว่า TCP's timeout mechanism และ (3) ปริมาณข้อมูลที่ทีซีพีฝั่งผู้รับสามารถรองรับได้ในขณะใดขณะหนึ่ง (receiver's Advertised Window)

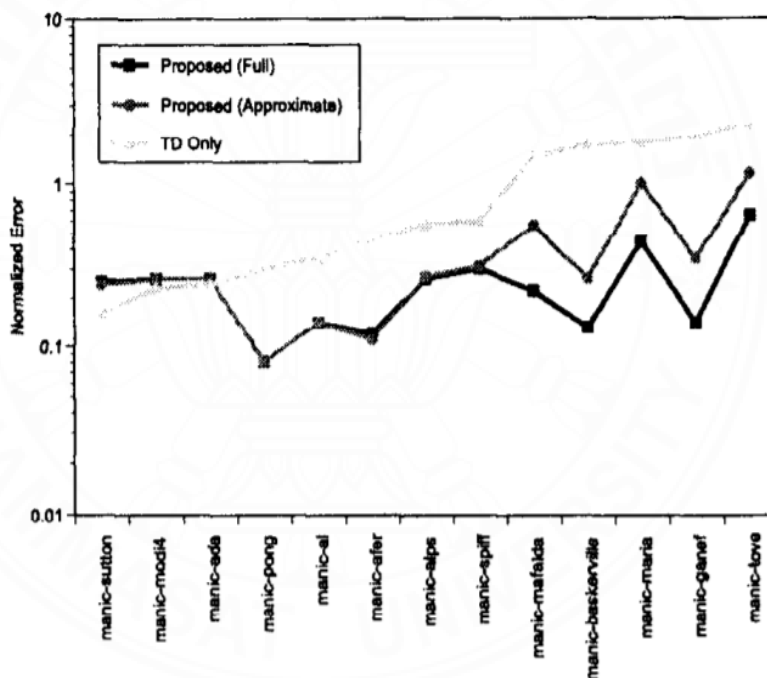
แพดฮ์เย และ คณะ (1998) ใช้ทีซีพีเรโน (TCP Reno) (Allman, Paxson, & Blanton, 2019) ในการทำการทดลอง โดยทำการจัดเก็บข้อมูล (1) ปริมาณงานที่ทีซีพีโฟลว์ได้รับ (2) อัตราการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูล และ (3) ระยะเวลาที่แพ็คเก็ตข้อมูลใช้ในการเดินทางไปกลับ จากการทำงานของทีซีพีโฟลว์จำนวน 37 โฟลว์ ซึ่งทำหน้าที่รองรับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง 18 โฮสต์ ที่กระจายอยู่ทั่วสหรัฐอเมริกาและยุโรป ข้อมูลที่จัดเก็บได้มีลักษณะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา โดยการเชื่อมต่อดัวยทีซีพีหนึ่งครั้งเทียบเท่าเป็นหนึ่งในชุดข้อมูล

จากข้อกำหนดของทีซีพีเรโน ซึ่งกำหนดให้ทีซีพีฝั่งผู้ส่ง (TCP sender) ใช้เหตุการณ์ 2 เหตุการณ์ สำหรับอนุมาณการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลที่จัดส่งไปก่อนหน้า ได้แก่ การได้รับการตอบรับแบบซ้ำสาม (triple-duplicate Acknowledgement: TD) และการไม่ได้รับการตอบรับภายในเวลาที่กำหนด (time-outs: TO) แพดฮ์เย และ คณะ (1998) ศึกษาค่าปริมาณงานที่ทีซีพีโฟลว์ได้รับ ตามสมมติฐานที่แตกต่างกัน ดังนี้

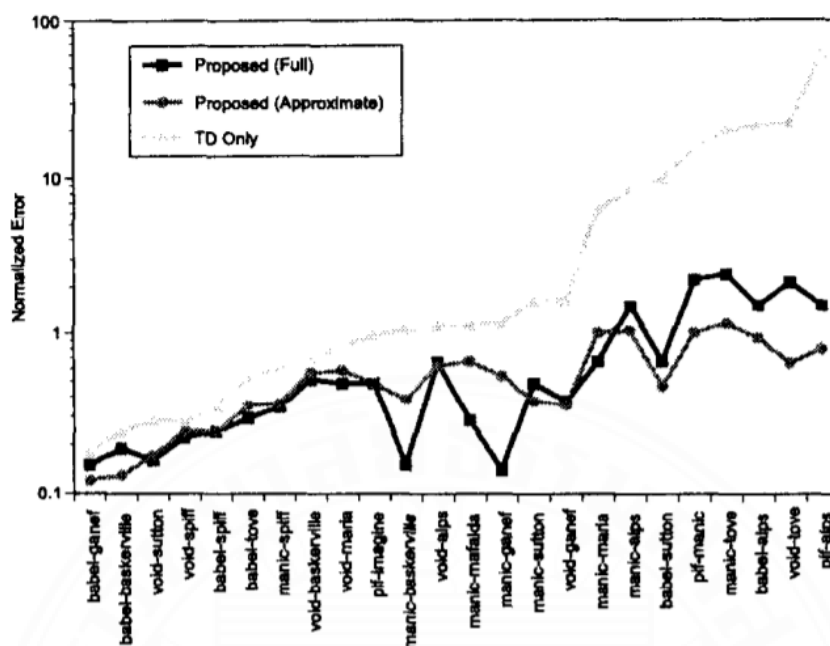
- การทดลองแรก มีสมมติฐานว่าเหตุการณ์การสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลอนุมาณได้จากการได้รับแอ็ค (ACK) แบบซ้ำสาม (triple-duplicate: TD) เท่านั้น และปริมาณข้อมูลที่ทีซีพีฝั่งผู้รับสามารถรองรับได้ในขณะใดขณะหนึ่งไม่ถูกจำกัด
- การทดลองที่สอง มีสมมติฐานว่าเหตุการณ์การสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลอนุมาณได้จากการได้รับแอ็ค (ACK) แบบซ้ำสาม (triple-duplicate: TD) เท่านั้น และปริมาณข้อมูลที่ทีซีพีฝั่งผู้รับสามารถรองรับได้ในขณะใดขณะหนึ่งถูกจำกัด (window limitation)
- การทดลองที่สาม มีสมมติฐานว่าเหตุการณ์การสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูลอนุมาณได้จากการได้รับแอ็ค (ACK) แบบซ้ำสาม (triple-duplicate: TD) การไม่ได้รับการตอบรับภายใน

ช่วงเวลาที่กำหนด (time-outs: TO) และปริมาณข้อมูลที่ทีซีพีฝั่งผู้รับสามารถรองรับได้ในขณะใดขณะหนึ่งถูกจำกัด (window limitation)

ผลการพยากรณ์สามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนจากการเชื่อมต่อกับทีซีพีทั้งหมด 37 ครั้ง หรือ 37 ชุดข้อมูล โดยส่วนแรกจะทดลองกับชุดข้อมูลทั้ง 24 ชุด แต่ละชุดสอดคล้องกับการเชื่อมต่อทีซีพียาวหนึ่งชั่วโมง จากแหล่งข้อมูลที่ไม่มีสิ้นสุด อีกส่วนจะเป็นการทดลองกับชุดข้อมูล 13 ชุดที่เหลือ ในกรณีนี้ชุดข้อมูลแต่ละชุดจะแสดงการเชื่อมต่อทีซีพี 100 วินาที ซึ่งผลจะเห็นได้จากภาพที่ 2.4 และ 2.5 ว่าในกรณีส่วนใหญ่แบบจำลอง “full model” และ “approximate model” เป็นตัวแบบที่มีการประมาณค่าที่สังเกตได้ดีกว่าตัวแบบ “TD only” ซึ่งตัวแบบที่นำเสนอในงานวิจัยของแพดไฮเย และ คณะ (1998) มีความแม่นยำและมีผลใกล้เคียงกันอีกด้วย



ภาพที่ 2.1 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของทั้งสามตัวแบบสำหรับการเชื่อมต่อทีซีพี 100 วินาที  
ที่มา: Padhye Firoiu Towsley และ Kurose, 1998



ภาพที่ 2.2 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของทั้งสามตัวแบบสำหรับการเชื่อมต่อที่ซีพียูหนึ่งชั่วโมง  
ที่มา: Padhye Firoiu Towsley และ Kurose, 1998

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แตกต่างจากงานวิจัย (Padhye, Firoiu, Towsley, และ Kurose, 1998) ทั้งในส่วนของหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างที่ศึกษา วัดอุปสรรคหลักของการดำเนินงาน สมมติฐานของตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ และ ผลที่ได้รับจากการพยากรณ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างที่ต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยของแพตส์เย และ คณะ (1998) สนใจศึกษาปริมาณงานที่ได้รับของทีซีพีโฟลว์ในข่ายงานบริเวณกว้าง ส่วนของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง

2. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงานที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง ส่วนงานวิจัยของแพตส์เย และ คณะ (1998) ที่ศึกษาการพยากรณ์ปริมาณงานที่ได้รับของทีซีพีโฟลว์ในข่ายงานบริเวณกว้างจากเหตุการณ์การสูญหายของแพ็คเก็ตที่สามารถเกิดขึ้นได้ตามข้อกำหนดของทีซีพีรีโน ได้แก่ การได้รับการตอบรับแบบซ้ำสาม (triple-duplicate Acknowledgement: TD) การไม่ได้รับการตอบรับภายในช่วงเวลาที่กำหนด (time-

outs: TO) และปริมาณข้อมูลที่ทีซีพีฝั่งผู้รับสามารถรองรับได้ในขณะใดขณะหนึ่งถูกจำกัด (window limitation)

3. ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์แตกต่างกัน โดยตัวแบบอนุกรมเวลาที่อยู่ในขอบเขตของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) อาร์มาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มา (FARIMA) และฟาร์มาแบบฤดูกาล (SFARIMA) เพื่อการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์มากที่สุด ในตัวแบบที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นตัวแบบอนุกรมเวลาที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นตัวแบบที่มีการนำเทคนิคของตัวแบบอนุกรมเวลาพื้นฐานทั้งสามตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาการถดถอยในตนเอง (Autoregressive - AR) ตัวกลางผสมผสาน (Integrated - I) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) รวมอยู่ในตัวแบบเดียว และสามารถนำองค์ประกอบของประกอบของอนุกรมเวลา อย่างเช่น แนวโน้ม (trend) และ ความเป็นฤดูกาล (seasonal) ร่วมพิจารณาเพื่อการสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ ทำให้ครอบคลุมข้อมูลอนุกรมเวลาในทุกรูปแบบ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของแพตช์เย และ คณะ (1998) ที่ไม่ได้ศึกษาเพื่อสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาแต่จะใช้อัตราการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูล (loss rate) และ ระยะเวลาที่แพ็คเก็ตข้อมูลใช้ในการเดินทางไปกลับ (round trip time - RTT) ในการคำนวณและพยากรณ์ปริมาณงานที่ทีซีพีโพล์ได้รับ (TCP throughput) ซึ่งตามข้อกำหนดของทีซีพีรีโน ปริมาณงานที่ทีซีพีโพล์ได้รับจะขึ้นอยู่กับเหตุการณ์การสูญหายของแพ็คเก็ตด้วย โดยงานวิจัยของแพตช์เย และ คณะ (1998) ได้มีการแบ่งการทดลองตามเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ ดังนี้ (1) เหตุการณ์การสูญหายของแพ็คเก็ตถูกอนุมานได้จากการได้รับแอ็ค (ACK) แบบซ้ำสาม (triple-duplicate: TD) เท่านั้น และปริมาณข้อมูลที่ทีซีพีฝั่งผู้รับสามารถรองรับได้ในขณะใดขณะหนึ่งไม่ถูกจำกัด (2) เหตุการณ์การสูญหายของแพ็คเก็ตถูกอนุมานได้จากการได้รับแอ็ค (ACK) แบบซ้ำสาม (triple-duplicate: TD) เท่านั้น และปริมาณข้อมูลที่ทีซีพีฝั่งผู้รับสามารถรองรับได้ในขณะใดขณะหนึ่งถูกจำกัด (window limitation) และ (3) เหตุการณ์การสูญหายของแพ็คเก็ตถูกอนุมานได้จากการได้รับแอ็ค (ACK) แบบซ้ำสาม (triple-duplicate: TD) การไม่ได้รับการตอบรับภายในช่วงเวลาที่กำหนด (time-outs: TO) และปริมาณข้อมูลที่ทีซีพีฝั่งผู้รับสามารถรองรับได้ในขณะใดขณะหนึ่งถูกจำกัด (window limitation) ทั้งสามเหตุการณ์สามารถนำมาสร้างตัวแบบเป็นสมการเพื่อพยากรณ์ปริมาณงานที่ทีซีพีโพล์ได้รับ (TCP throughput)

4. ผลที่ได้รับจากการพยากรณ์ที่นำไปประยุกต์ใช้ในงานที่แตกต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยของแพตช์เย และ คณะ (1998) ทำการสร้างตัวแบบในรูปแบบสมการโดยใช้ฟังก์ชันอัตราการสูญหายของแพ็คเก็ตข้อมูล (loss rate) และ ระยะเวลาที่แพ็คเก็ตข้อมูลใช้ในการเดินทางไป

กลับ (round trip time - RTT) เพื่อคำนวณหาปริมาณงานที่ทีซีพีโฟลว์ได้รับ (TCP throughput) ส่วนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาโดยใช้ข้อมูลในอดีตทำการพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (available bandwidth) ในอนาคต

### 2.1.1.3 Predicting TCP Throughput Using Time Series Forecasting (Xue & Rio, 2019)

ในงานวิจัยนี้ เสวี่ย และ ริโอ (2019) ได้นำเอาข้อมูลปริมาณงานที่ได้รับของทีซีพีโฟลว์ที่ถูกเก็บรวบรวมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ในโครงการแพลเน็ตแล็บ มาทำการพยากรณ์ด้วยตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponentially Weighted Moving Average) และ ตัวแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters) ซึ่งข้อมูลที่ใช้งานเป็นข้อมูลปริมาณงานที่ได้รับของทีซีพีโฟลว์มีลักษณะข้อมูลในรูปแบบข้อมูลอนุกรมเวลา (time series data) ที่ถูกเก็บรวบรวมจากเครื่องจำลองของโครงการแพลเน็ตแล็บ (PlanetLab, 2019) มีด้วยกันทั้งหมด 8 เส้นทางดังนี้

- เส้นทางที่ 1: จาก เมืองกัมปีนากรันเด บราซิล (Campina Grande, Brazil) ไปยัง เมืองไฟฟ์ สกอตแลนด์ (Fife, Scotland)
- เส้นทางที่ 2: จาก เมืองปารีส ฝรั่งเศส (Paris, France) ไปยัง เมืองไฟฟ์ สกอตแลนด์ (Fife, Scotland)
- เส้นทางที่ 3: จาก เมืองคาร์ลส์รูเออ เยอรมัน (Karlsruhe, Germany) ไปยัง เมืองแมนเชสเตอร์ สหราชอาณาจักร (Manchester, UK)
- เส้นทางที่ 4: จาก เมืองโตเกียว ญี่ปุ่น (Tokyo, Japan) ไปยัง เมืองแมนเชสเตอร์ สหราชอาณาจักร (Manchester, UK)
- เส้นทางที่ 5: จาก เมืองปักกิ่ง จีน (Beijing, China) ไปยัง เมืองแลงคาสเตอร์ สหราชอาณาจักร (Lancaster, UK)
- เส้นทางที่ 6: จาก เมืองโคลัมเบีย สหรัฐอเมริกา (Columbia US) ไปยัง เมืองแมนเชสเตอร์ สหราชอาณาจักร (Manchester, UK)
- เส้นทางที่ 7: จาก เมืองเบิร์กลีย์ สหรัฐอเมริกา (Berkeley, US) ไปยัง เมืองลอนดอน สหราชอาณาจักร (London, UK)
- เส้นทางที่ 8: จาก เมืองเพนซิลเวเนีย สหรัฐอเมริกา (Pennsylvania, US) ไปยัง เมืองแลงคาสเตอร์ สหราชอาณาจักร (Lancaster, UK)

ผลลัพธ์จากการทำการทดลองพบว่า ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอ็กซ์โปเนนเชียล สามารถพยากรณ์ได้และมีข้อผิดพลาดในการพยากรณ์ค่อนข้างต่ำ ส่วนตัว

แบบโฮลท์และวินเทอร์มีผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกับตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอ็กซ์โปเนนเชียล กล่าวคือมีข้อผิดพลาดในการพยากรณ์ต่ำ แต่มีข้อแตกต่างที่ว่าหากข้อมูลมีแนวโน้มและความเป็นฤดูกาล ตัวแบบโฮลท์และวินเทอร์จะมีข้อผิดพลาดในการพยากรณ์ต่ำกว่า โดยงานวิจัยของ เสรีย และ คณะ (2019) มีตัวชี้วัดความแม่นยำของการพยากรณ์ ได้แก่ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย หรือ เอ็มเอสอี (Mean Square Error - MSE) ซึ่งภายในงานไม่ได้ระบุค่าเอ็มเอสอี

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แตกต่างจากงานวิจัย (Xue & Rio, 2019) ทั้งในส่วน ของหน่วยวัดสมรรถนะข่างานบริเวณกว้างที่ศึกษา วัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงาน ตัวแบบ อนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ และระเบียบวิธีในการจัดเตรียมชุดข้อมูลอนุกรมเวลา ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

1. ศึกษาหน่วยวัดสมรรถนะข่างานบริเวณกว้างที่ต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยของเสรีย และคณะ (2019) สนใจศึกษาปริมาณงานที่ได้รับของซีพีโพลวีนในข่างานบริเวณ กว้าง ส่วนของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่างาน บริเวณกว้าง

2. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงานแตกต่างกัน กล่าวคือ ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ ตลอดเส้นทางของข่างานบริเวณกว้าง ซึ่งงานวิจัยของเสรีย และคณะ (2019) ศึกษาการสร้างตัวแบบ อนุกรมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponentially Weighted Moving Average) และ ตัวแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters) สำหรับพยากรณ์ปริมาณงานที่ได้รับของซีพีโพลวีนในข่างานบริเวณกว้าง

3. ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์แตกต่างกัน กล่าวคือ ตัวแบบ อนุกรมเวลาที่อยู่ในขอบเขตของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) อาร์ มาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มา (FARIMA) และฟาร์มาแบบฤดูกาล (SFARIMA) เพื่อการสร้างตัว แบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์มากที่สุด ในตัวแบบที่ เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นตัวแบบอนุกรมเวลาที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นตัวแบบที่มีการนำ เทคนิคของตัวแบบอนุกรมเวลาพื้นฐานทั้งสามตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาการถดถอยในตนเอง (Autoregressive - AR) ตัวกลางผสมผสาน (Integrated - I) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาค่าเฉลี่ย เคลื่อนที่ (Moving Average - MA) รวมอยู่ในตัวแบบเดียว และสามารถนำองค์ประกอบของประกอบ ของอนุกรมเวลา อย่างเช่น แนวโน้ม (trend) และ ความเป็นฤดูกาล (seasonal) ร่วมพิจารณาเพื่อ การสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ ทำให้ครอบคลุมข้อมูลอนุกรมเวลาในทุกรูปแบบ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของเสรีย และคณะ (2019)

มุ่งเน้นศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponentially Weighted Moving Average) และ ตัวแบบโฮลท์และวินเทอร์ (Holt-Winters) ในการพยากรณ์ ข้อมูลปริมาณงานที่ได้รับของทีซีทีโพล์ โดยทั้งสองตัวแบบในงานวิจัยของเสวีย์ และคณะ (2019) เป็นตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีพื้นฐานการสร้างตัวแบบมาจากตัวแบบอนุกรมเวลาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) ตัวแบบอนุกรมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักเอ็กซ์โปเนนเชียลเหมาะที่จะใช้ กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่มืองค์ประกอบของแนวโน้มและความเป็นฤดูกาล ส่วนตัวแบบโฮลท์และวินเทอร์จะนิยมใช้กับข้อมูลที่มีองค์ประกอบของแนวโน้มและความเป็นฤดูกาลเท่านั้น ดังนั้นตัวแบบ อนุกรมเวลาที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีความหลากหลายของเทคนิคที่ช่วยสร้าง ตัวแบบแล้ว ในส่วนของข้อมูลที่จะนำมาใช้นั้นครอบคลุมข้อมูลอนุกรมเวลาในทุกรูปแบบด้วย

4. ระเบียบวิธีในการจัดเตรียมชุดข้อมูลอนุกรมเวลามีความแตกต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยของ เสวีย์ และคณะ (2019) ไม่มีขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล เนื่องจากข้อมูล ปริมาณงานที่ได้รับของทีซีทีโพล์ที่ได้นั้นมีการวัดและเก็บในคาบเวลาที่เท่ากันจากเครื่องจำลองของ แพลเน็ตแล็บ (PlanetLab) ส่วนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีการจัดการข้อมูล โดยข้อมูลต้องมีคาบเวลาใน การวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานที่เท่ากัน และ ข้อมูลต้องมีคุณสมบัติคงที่ (stationary)

#### 2.1.1.4 Network Bandwidth Utilization Prediction Based on Observed SNMP data (Rana, Bhandari, & Shrestha, 2017)

รานา, บันดารี และ เซสธา (2017) ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา อารีมา (ARIMA) และการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในข่ายงานบริเวณกว้าง ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตของเส้นทางจำนวน 3 เส้นทาง ระหว่าง เมืองดานกาดี (Dhangadhi) และเมืองปลายทางอีก 3 เมือง ด้านทิศตะวันตกของประเทศเนปาล ได้แก่ เมืองพุมวัล (Butwal) เมืองเนปาลกันจ์ (Nepalgunj) และ เมืองเฮเตาดา (Hetauda) ผู้วิจัย รา นา และคณะ (2017) วัดและจัดเก็บปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตของแต่ละเส้นทางทุก ๆ 30 วินาที เป็นระยะเวลา 6 เดือน (เดือน มิถุนายน – พฤศจิกายน) ข้อมูลที่ได้รับจะถูกพิจารณาในรูปแบบของ ข้อมูลอนุกรมเวลา (time series data)

ในกระบวนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอารีมา รานา และคณะ (2017) แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอน ตามลำดับ ดังนี้ การแปลงข้อมูลด้วยกระบวนการแปลงโลจิท (Logit Transformation) การปรับแก้ความเป็นฤดูกาล (seasonal adjustment) การสร้างตัวแบบ (model identification) และ การตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบ (diagnostic checking) โดยขั้นตอนที่มีความสำคัญและแตกต่างจากงานวิจัยฉบับอื่น ๆ ได้แก่ ขั้นตอนแรก ซึ่งเป็นการ ประยุกต์ใช้กระบวนการแปลงโลจิทเพื่อแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาดั้งเดิมให้มีความเหมาะสมกับการ

สร้างตัวแบบเชิงเส้น (linear models) ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาชุดใหม่ ที่เหมาะกับการนำไปใช้สร้างตัวแบบเชิงเส้น ขั้นตอนถัดมาจะเป็นขั้นตอนการปรับแก้ความเป็นฤดูกาลโดยการลบความเป็นฤดูกาลออกจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีอยู่ ต่อมาในขั้นตอนที่สามจะเป็นขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ได้จากการเตรียมข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 และ 2 แล้วเมื่อทำการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาสำเร็จ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นตัวแบบอนุกรมเวลาและพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับตัวแบบนั้น หลังจากที่ได้รับตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมแล้วจะนำผลลัพธ์ที่ได้นี้ไปตรวจสอบคุณสมบัติปกติ (normality) และ คุณสมบัติคงที่ (stationarity) ซึ่งหากมีคุณสมบัติทั้งสองจึงจะสามารถยืนยันได้ว่าข้อมูลอนุกรมเวลาและตัวแบบอนุกรมเวลาที่ได้นั้นเหมาะสม และพร้อมที่จะนำไปใช้สำหรับการพยากรณ์ในขั้นตอนต่อไป

ในกระบวนการพยากรณ์ข้อมูล รานา และคณะ (2017) แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการพยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ต (traffic predictions) และ ขั้นตอนการตรวจสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบ (prediction accuracy check) การพยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตทำโดยสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาจากข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในช่วงเวลา 5 เดือนแรก (เดือน มิถุนายน – ตุลาคม) ตามกระบวนการสร้างตัวแบบที่ได้กล่าวมาข้างต้น ตัวแบบอนุกรมเวลาที่เป็นผลลัพธ์จะถูกนำมาใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในช่วงเวลา 1 เดือน ถัดมา หลังจากนั้น ในขั้นตอนการตรวจสอบสมรรถนะของตัวแบบค่าพยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตจริงที่วัดได้ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ตัวชี้วัดความแม่นยำของการพยากรณ์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน หรือ เอ็มเอพีอี (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) โดยค่าเอ็มเอพีอีนี้แสดงถึงการมีข้อผิดพลาดในการพยากรณ์น้อย นั่นคือ ตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์สูง

รานา และคณะ (2017) รายงานไว้ในงานวิจัยว่า การพยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตด้วยตัวแบบอาร์มาที่สร้างจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ผ่านมาผ่านการแปลงโลจิทแล้วมีความแม่นยำมากกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ตัวแบบอาร์มาที่สร้างจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่ได้ผ่านการแปลงโลจิท โดยค่าเอ็มเอพีอีของการพยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตด้วยตัวแบบอาร์มาซึ่งสร้างจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ผ่านมาผ่านการแปลงโลจิทแล้ว มีค่าเท่ากับ 11.71% (ข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตขาเข้า) และ 15.42% (ข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตขาออก) ส่วนค่าเอ็มเอพีอีของการพยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตด้วยตัวแบบอาร์มาที่สร้างจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ไม่ได้ผ่านการแปลงโลจิท มีค่าเท่ากับ 99% ทั้งข้อมูลขาเข้าและขาออก ส่งผลให้สามารถสรุปได้ว่า เมื่อสร้างตัวแบบอนุกรม

เวลาอาร์มาจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ผ่านมาการแปลงโลจิท จะส่งผลให้ตัวแบบที่ได้รับมีสมรรถนะสูงขึ้น กล่าวคือ มีความแม่นยำในการพยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตมากขึ้น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แตกต่างจากงานวิจัย (Rana, Bhandari, & Shrestha, 2017) ในส่วนของหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างที่ศึกษา วัดดูประสงค์หลักของการดำเนินงาน ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ และระเบียบวิธีในการจัดเตรียมชุดข้อมูลอนุกรมเวลา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างที่ต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยของรานา และคณะ (2017) สนใจศึกษาปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในข่ายงานบริเวณกว้าง แตกต่างกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ที่ศึกษาปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง

2. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการดำเนินงานที่ต่างกัน กล่าวคือ ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง ซึ่งงานวิจัยของรานา และคณะ (2017) มุ่งเน้นสร้างเฉพาะตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาสำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้าง

3. ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ต่างกัน กล่าวคือ ตัวแบบอนุกรมเวลาที่อยู่ในขอบเขตของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) อาร์มาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มา (FARIMA) และฟาร์มาแบบฤดูกาล (SFARIMA) ระเบียบวิธีการจัดเตรียมข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมิได้มีการปรับแก้ความเป็นฤดูกาล (seasonal adjustment) เพื่อกำจัดความเป็นฤดูกาลออกจากชุดข้อมูลอนุกรมเวลา แต่มุ่งเน้นที่จะค้นหาค่าพารามิเตอร์ความเป็นฤดูกาลที่เหมาะสม เมื่อใช้งานตัวแบบที่พิจารณาความเป็นฤดูกาลด้วย ยกตัวอย่างเช่น ตัวแบบอาร์มาแบบฤดูกาล (SARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มาแบบฤดูกาล (SFARIMA) ซึ่งระเบียบวิธีการจัดเตรียมข้อมูลที่รานา และคณะ (2017) ใช้งานเป็นการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาของข้อมูลนั้นขาดการพิจารณาในส่วนของความเป็นฤดูกาลไป

4. ระเบียบวิธีในการจัดเตรียมชุดข้อมูลอนุกรมเวลามีความแตกต่างกัน กล่าวคือ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ประยุกต์ใช้การแปลงโลจิท ในขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้าง ซึ่งงานวิจัยของรานา และคณะ (2017) ใช้การแปลงโลจิท ในขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล

### 2.1.1.5 Intelligent Time Series Model to Predict Bandwidth Utilization (Aldhyani & Joshi, 2017)

อัลด์ฮยานี และ โจชิ (2017) นำเสนอตัวแบบอนุกรมเวลาอัจฉริยะโดยรวมรวมตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส กับการจัดกลุ่มของข้อมูล (Holt-Trend Exponential Smoothing - HTES & clustering) เข้าด้วยกัน เพื่อใช้ในการพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่ถูกใช้งานในอนาคตบนข่ายงานบริเวณกว้าง เปรียบเทียบกับตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส (HTES) แบบปกติ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็นข้อมูลปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ในข่ายงานบริเวณกว้าง มีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังกล่าวในช่วงคาบเวลาที่เท่ากันที่ จากห้องปฏิบัติการเลาเรนซ์เบิร์กสกี (Lawrence Berkeley) ไปยังที่ต่าง ๆ ทั่วโลก

ในกระบวนการทดลองของงานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส (Holt-Trend Exponential Smoothing - HTES) กับตัวแบบอนุกรมเวลาอัจฉริยะที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย อัลด์ฮยานี และคณะ (2017) ซึ่งเกิดจากการรวบรวมตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส (HTES) กับการจัดกลุ่มข้อมูลเข้าด้วยกัน โดยขั้นตอนสำคัญของกระบวนการทดลองในงานวิจัยนี้คือ ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล และ ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา

ในส่วน of ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล งานวิจัยนี้ใช้วิธี มิน-แมกซ์ นอร์มัลไลซ์เซชัน (Min-max normalization) ซึ่งการเตรียมข้อมูลโดยวิธีดังกล่าวจะเป็นการขนาดของข้อมูลให้อยู่ในช่วงต่าง ๆ ตามข้อมูลที่มี โดยในงานวิจัยนี้จะทำการปรับขนาดข้อมูลให้อยู่ในช่วง 1 ถึง 2 เมื่อทำการปรับขนาดข้อมูลสำเร็จ ข้อมูลจะถูกนำไปสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาจะทำการสร้างทั้งหมดสองตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส (HTES) (Rob J. Hyndman et al., 2016) จะมีลำดับขั้นตอนการสร้างตัวแบบดังภาพที่ 2.3 และอีกตัวแบบ คือ ตัวแบบอนุกรมเวลาอัจฉริยะจะมีกระบวนการสร้างตัวแบบตามภาพที่ 2.4 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีการรายงานไว้ว่า การพยากรณ์ปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอัจฉริยะมีความแม่นยำมากกว่าเมื่อเทียบกับตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส (HTES) โดยมีค่า เอ็มเอสอี (MSE) เอ็นเอ็มเอสอี (NMSE) อาร์เอ็มเอสอี (RMSE) เอ็มเออี (MAE) และ เอ็มเอพีอี (MAPE) ของการพยากรณ์ปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอัจฉริยะ มีค่าเท่ากับ 0.0010 0.00087 0.0319 0.0229 และ 1.8107 ตามลำดับ ส่วนค่าเอ็มเอสอี เอ็นเอ็มเอสอี อาร์เอ็มเอสอี เอ็มเออี และ เอ็มเอพีอี ของการพยากรณ์ปริมาณการใช้งานแบนด์วิดท์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส มีค่าเท่ากับ 0.0023 0.0022 0.0489 0.0228 และ 2.8579 ตามลำดับ ทำให้พอสรุปได้ว่าตัวแบบ

อนุกรมเวลาอัจฉริยะซึ่งเกิดจากการรวมกันระหว่างตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอสกับการจัดกลุ่มข้อมูลนั้นมีผลการพยากรณ์ที่ดีมากกว่าตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส

Procedures of Holt-Trend model is as follows [Rob J. Hyndman *et al.* (2016)]:

(1) Initial estimates  $\ell_0$  and  $b_0$  by fitting.

$$b_t = y_2 - y_1$$

(2) Estimates  $\ell_t$  and  $b_t$  by using some predetermined values of smoothing constants.

Level estimate:

$$\ell_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1})$$

Trend estimate:

$$b_t = \beta(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

(3) Forecasting future data by fitting this equation:

$$F_{t+m} = \ell_t + mb_t \quad \text{where, } (m = 1, 2, 3, \dots)$$

ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เฮชทีอีเอส (HTES)

ที่มา: (Aldhyani และ Joshi, 2017)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แตกต่างจากงานวิจัย (Aldhyani & Joshi, 2017) ทั้งในส่วนของหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างที่ศึกษา วัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงาน ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ และระเบียบวิธีในการจัดเตรียมชุดข้อมูลอนุกรมเวลา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

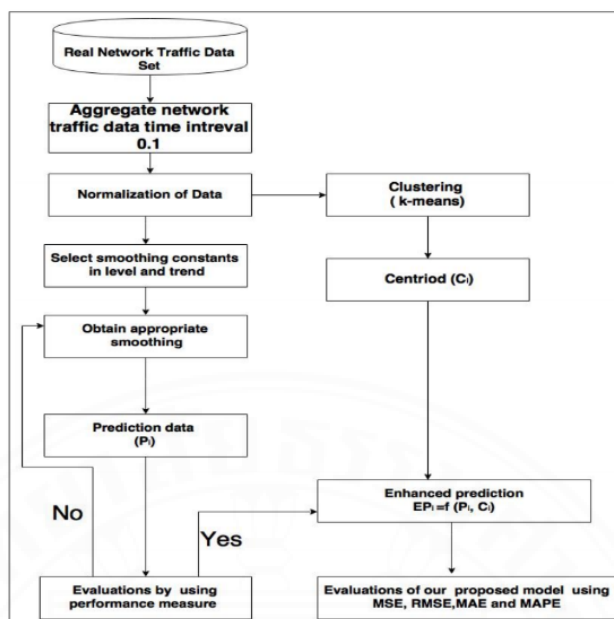
1. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ที่ศึกษาปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของอัลด์ฮยานี และคณะ (2017) ที่ศึกษา หน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างอีกรูปแบบหนึ่ง คือ ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในข่ายงานบริเวณกว้าง

2. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการดำเนินงานแตกต่างกัน กล่าวคือ ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของอัลด์ฮยานี และคณะ (2017) ที่มุ่งเน้นศึกษาเฉพาะตัวแบบอนุกรมเวลาเฮชทีอีเอสกับการจัดกลุ่มข้อมูลสำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในข่ายงานบริเวณกว้าง

3. ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ต่างกัน กล่าวคือ ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในงานวิจัยของอัลด์ฮยานี และคณะ (2017) คือ ตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์

หรือ เซชทีอีเอส (HTES) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เซชทีอีเอสกับการจัดกลุ่มข้อมูล (HTES & clustering). ซึ่งตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลท์และเทรนด์ หรือ เซชทีอีเอส เป็นตัวแบบอนุกรมที่มีพื้นฐานจากตัวแบบอนุกรมเวลาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) โดยตัวแบบโฮลท์และเทรนด์ หรือ เซชทีอีเอสจะเหมาะกับข้อมูลอนุกรมเวลาแบบมีแนวโน้มแต่ไม่มีความเป็นฤดูกาล ซึ่งแตกต่างเมื่อเทียบกับงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เนื่องจากตัวแบบอนุกรมเวลาที่อยู่ในขอบเขตของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ไอมา (ARIMA) อาร์ไอมาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์ไอมา (FARIMA) และฟาร์ไอมาแบบฤดูกาล (SFARIMA) เพื่อการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์มากที่สุด ในตัวแบบที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นตัวแบบอนุกรมเวลาที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นตัวแบบที่มีการนำเทคนิคของตัวแบบอนุกรมเวลาพื้นฐานทั้งสามตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาการถดถอยในตนเอง (Autoregressive - AR) ตัวกลางผสมผสาน (Integrated - I) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) รวมอยู่ในตัวแบบเดียว และสามารถนำองค์ประกอบของประกอบของอนุกรมเวลา อย่างเช่น แนวโน้ม (trend) และ ความเป็นฤดูกาล (seasonal) ร่วมพิจารณาเพื่อการสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ ทำให้ครอบคลุมข้อมูลอนุกรมเวลาในทุกรูปแบบ

4. ระเบียบวิธีในการจัดเตรียมชุดข้อมูลอนุกรมเวลาต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยของอัลด์ฮยานี และคณะ (2017) ใช้วิธีการมิน-แม็กซ์ นอร์มัลไลซ์เซชัน ในขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตตลอดเส้นทาง แต่ไม่ได้กล่าวถึงลักษณะของข้อมูลที่นำมาทดลอง ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลมีแนวโน้ม หรือ ข้อมูลมีความเป็นฤดูกาล หรือไม่ เนื่องจากข้อมูลเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการพยากรณ์ แตกต่างกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีการจัดการข้อมูลดังนี้ ข้อมูลต้องมีคาบเวลาในการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานที่เท่ากัน และ ข้อมูลต้องมีคุณสมบัติคงที่ (stationary)



ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอัจฉริยะเกิดจากการรวบรวมตัวแบบอนุกรมเวลาโฮลทและเทรนด์ หรือ เซชที่ีไอเอสกับการจัดกลุ่มของข้อมูล (HTES & clustering) เข้าด้วยกัน  
ที่มา: Aldhyani และ Joshi, 2017)

### 2.1.1.6 Long-Range Dependence Ten Years of Internet Traffic Modeling (Karagiannis, Molle, & Faloutsos, 2004)

คาราเจียนนิส มอลล์ และ ฟารูทโซส (2004) ศึกษาข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในช่วง เดือน สิงหาคม ปี ค.ศ. 2002<sup>1</sup> เดือน มกราคม เมษายน และ พฤษภาคม ปี ค.ศ. 2003<sup>2</sup> และ เดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004<sup>3</sup> เพื่อทดสอบหาตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ต นอกเหนือจากตัวแบบกระบวนการพัวซอง (Poisson process) ที่ได้รับความนิยมเชื่อถือและถูกใช้งานมาเป็นระยะเวลาชานาน โดย คาราเจียนนิส และ คณะ (2004) มีสมมติฐานซึ่งอ้างอิงจากผลการดำเนินงานวิจัยในอดีตของกลุ่มผู้ดำเนินการทดลองเองว่า กระบวนการพัวซองไม่เหมาะที่จะใช้เป็นตัวแบบสำหรับปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในข่ายงานบริเวณกว้าง

<sup>1</sup>ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2002 มีการเก็บข้อมูล 1 แแบ็คโบน เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง

<sup>2</sup>ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2003 มีการเก็บข้อมูล 1 แแบ็คโบน เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง; ในเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 2003 มีการเก็บข้อมูล 1 แแบ็คโบน เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง; และ ในเดือนพฤษภาคม ปี ค.ศ. 2003 มีการเก็บข้อมูล 1 แแบ็คโบน เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง และ 2 แแบ็คโบน เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง

<sup>3</sup>ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 มีการเก็บข้อมูล 2 แแบ็คโบน เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

เนื่องจากเมื่อนำไปใช้ประมาณปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้ต่ำกว่าปริมาณการใช้งานจริงค่อนข้างมาก นอกจากนี้ คาราเจียนนิส และ คณะ (2004) ยังมีสมมติฐานว่า ข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในข่ายงานบริเวณกว้างมีลักษณะเป็นกระบวนการคล้ายตนเอง (Self-similar processes) ที่แสดงปรากฏการณ์ลองเรนจ์ดีเพนเดนซ์ (long-range dependence – LRD) ด้วย งานวิจัยนี้ทำการทดลองเพื่อทำการยืนยันว่าปรากฏการณ์ลองเรนจ์ดีเพนเดนซ์ (long-range dependence – LRD) ที่มีคุณสมบัติความคล้ายตนเอง (Self-Similar processes) เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการประมาณปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในข่ายงานบริเวณกว้างเหมาะสม ซึ่งตัวแบบที่ใช้ในงานวิจัยของคาราเจียนนิส และ คณะ (2004) ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาเอฟจีเอ็น (Fractional Gaussian Noise - fGn) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Fractionally Autoregressive Integrated Moving Average - FARIMA) โดยผลของการทดลองในงานวิจัยของคาราเจียนนิส และ คณะ (2004) แสดงให้เห็นว่าข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในข่ายงานบริเวณกว้างเหมาะสมกับการประมาณการด้วยวิธีการเอลอาร์ดี (long-range dependence – LRD) ที่มีคุณสมบัติความคล้ายตนเอง (Self-Similar processes)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แตกต่างจากงานวิจัย (Karagiannis, Molle, และ Faloutsos, 2004) ทั้งในส่วนของหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างที่ศึกษา วัดดูประสงค์หลักของการดำเนินงาน และสมมติฐานของตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างที่ต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยของคาราเจียนนิส และ คณะ (2004) ศึกษาข้อมูลปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้าง ส่วนของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง

2. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงานที่ต่างกัน กล่าวคือ ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง ส่วนงานวิจัยของคาราเจียนนิส และ คณะ (2004) ที่มุ่งเน้นศึกษาว่าวิธีการเอลอาร์ดี (long-range dependence – LRD) ที่มีคุณสมบัติความคล้ายตนเอง (Self-Similar processes) เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการประมาณปริมาณการใช้งานอินเทอร์เน็ตในข่ายงานบริเวณกว้าง

3. สมมติฐานของตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์แตกต่างกัน กล่าวคือ ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในงานวิจัยของคาราเจียนนิส และ คณะ (2004) คือ ตัวแบบอนุกรมเวลาเอฟจีเอ็น (Fractional Gaussian Noise - fGn) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Fractionally

Autoregressive Integrated Moving Average - FARIMA) ซึ่งตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติความคล้ายตนเอง (Self-Similar processes) แตกต่างเมื่อเทียบกับงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เนื่องจากตัวแบบอนุกรมเวลาที่อยู่ในขอบเขตของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) อาร์มาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มา (FARIMA) และฟาร์มาแบบฤดูกาล (SFARIMA) เพื่อการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์มากที่สุด ในตัวแบบที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้เป็นตัวแบบอนุกรมเวลาที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายเนื่องจากเป็นตัวแบบที่มีการนำเทคนิคของตัวแบบอนุกรมเวลาพื้นฐานทั้งสามตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาการถดถอยในตนเอง (Autoregressive - AR) ตัวกลางผสมผสาน (Integrated - I) และ ตัวแบบอนุกรมเวลา ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) รวมอยู่ในตัวแบบเดียว และสามารถนำองค์ประกอบของประกอบของอนุกรมเวลา อย่างเช่น แนวโน้ม (trend) และ ความเป็นฤดูกาล (seasonal) ร่วมพิจารณาเพื่อการสร้างตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ตามลักษณะของข้อมูลอนุกรมเวลาที่น่ามาใช้ในการพยากรณ์ ทำให้ครอบคลุมข้อมูลอนุกรมเวลาในทุกรูปแบบ

### 2.1.1.7 Modeling and Prediction of the Internet End-to-end Delay using Recurrent Neural Networks (Belhaj & Tagina, 2009)

เบลฮาจ และ ทากิน่า (2009) ทำการวิจัยการสร้างตัวแบบและพยากรณ์ข้อมูลความล่าช้าในการใช้งานอินเทอร์เน็ตตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมย้อนกลับ (Recurrent Neural Networks - RNNs) ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลความล่าช้าของแพ็คเก็ต (packet delay) ซึ่งทำการเก็บโดยการปิง (ping) ข้อมูลนี้สามารถคำนวณหาได้จากค่าอาร์ทีที (Round Trip Time - RTT) โดยมีเส้นทางระหว่างเครื่องติดตั้งอยู่ที่โรงเรียนวิทยาการคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ประเทศตูนิเซีย (ENSI, Tunisia) และ อีกเครื่องติดตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีทรัวส์ ประเทศฝรั่งเศส (UTT, France) มีการจัดเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องสองสัปดาห์ตั้งแต่วันที่ 14 – 28 เดือนมิถุนายน 2006

กระบวนการทดลองของงานวิจัยที่ถูกต้องทำขึ้นโดย เบลฮาจ และคณะ (2009) แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ นั่นคือ กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น และ กระบวนการพยากรณ์ โดยในขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น มีอีก 2 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ กระบวนการเตรียมข้อมูล (data preprocessing) ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนเตรียมข้อมูลให้พร้อมเพื่อนำไปทำกระบวนการเรียนรู้ (learning process) มีข้อมูลหลักเป็นข้อมูลความล่าช้าของแพ็คเก็ต ซึ่งหาได้จากค่าอาร์ทีที ปัญหาหลักที่ต้องได้รับการจัดการในขั้นตอนนี้ คือ การสูญหายของแพ็คเก็ต ซึ่งแก้ไขโดยใช้ค่าอาร์ทีทีก่อนและหลังข้อมูลที่หายไป หลังจากได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ ขั้นตอนถัดไปจะทำการสังเคราะห์ข้อมูล (data synthesis) ผลการสังเคราะห์พบว่าในช่วงเวลาเดียวกันสามารถวัดข้อมูล

ความล่าช้าของแพ็คเกจใกล้เคียงกันมากเป็นช่วง ๆ ส่งผลให้มีการแบ่งช่วงของข้อมูลเป็น 3 ช่วงเท่า ๆ กัน ช่วงละ 8 ชั่วโมง เพื่อให้การพยากรณ์นั้นได้ผลดีขึ้นไปด้วย

กระบวนการพยากรณ์ในงานนี้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมย้อนกลับ (RNNs) ซึ่งก่อนที่จะสามารถนำไปพยากรณ์ได้ต้องผ่าน 2 ขั้นตอนย่อย ในขั้นตอนย่อยแรก คือ ขั้นตอนการเรียนรู้ (learning process) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการทำงานพื้นฐานของโครงข่ายประสาทเทียมแบบปกติดูอยู่แล้ว นั่นคือการนำข้อมูลฝึกสอนใส่ลงไปให้ระบบได้เริ่มเรียนรู้ หลังจากนั้น ขั้นตอนย่อยที่ 2 คือการทำโครงข่ายประสาทเทียมย้อนกลับ กล่าวคือ การนำผลลัพธ์ที่ได้จากครั้งแรก กลับไปเป็นข้อมูลเข้าให้ระบบทำงานในรอบถัดไป

ผลลัพธ์การทดลองพบว่า การพยากรณ์มีความแม่นยำสูง โดยตัวชี้วัดความแม่นยำของการพยากรณ์ ได้แก่ ค่าเอ็มเอสอี (MSE) และ ค่าจีพี (Good Prediction (GP) ซึ่งในการทดลองได้มีตั้งช่วงการพยากรณ์เป็น 1, 2, 5, 10, 20 และ 30 ชั่วโมงข้างหน้า ซึ่งผลของค่าเอ็มเอสอี เท่ากับ 0.004 0.0044 0.0063 0.0086 และ 0.01 ตามลำดับ ส่วนค่าจีพี เท่ากับ 95.80% 93.71% 92.66% 91.68% และ 90.03% ตามลำดับ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แตกต่างจากงานวิจัย (Belhaj และ Tagina, 2009) ทั้งในส่วนของหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างที่ศึกษา วัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงาน ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ และระเบียบวิธีในการจัดเตรียมชุดข้อมูลอนุกรมเวลาดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ศึกษาหน่วยวัดสมรรถนะข่ายงานบริเวณกว้างที่ต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยของเบลฮาจ และคณะ (2009) ศึกษาข้อมูลความล่าช้าในการใช้งานอินเทอร์เน็ตตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้าง ส่วนของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง

2. วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักของการดำเนินงานที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับพยากรณ์ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้ตลอดเส้นทางของข่ายงานบริเวณกว้าง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยของเบลฮาจ และคณะ (2009) ที่มุ่งเน้นศึกษาโครงข่ายประสาทเทียมย้อนกลับ (Recurrent Neural Networks - RNNs) สำหรับพยากรณ์ข้อมูลความล่าช้าในการใช้งานอินเทอร์เน็ตตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้าง

3. ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์แตกต่างกัน กล่าวคือ งานวิจัยของเบลฮาจ และคณะ (2009) เลือกใช้โครงข่ายประสาทเทียมย้อนกลับ (Recurrent Neural Networks - RNNs) ซึ่งเป็นการพยากรณ์อีกรูปแบบหนึ่งในสาขาปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) หรือ เอไอ (AI) ซึ่งงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาสำหรับการ

พยากรณ์ที่พิจารณาด้วยกระบวนการทางสถิติ (statistic) ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา (ARIMA) อาร์มีนาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มีนา (FARIMA) และฟาร์มีนาแบบฤดูกาล (SFARIMA)

4. งานวิจัยของเบลฮาจ และคณะ (2009) มีวิธีการจัดเตรียมข้อมูลความล่าช้าในการใช้งานอินเทอร์เน็ตตลอดเส้นทาง โดยตรวจสอบการสูญหายของข้อมูลและทำชุดข้อมูลให้ครบสมบูรณ์ ก่อนนำไปแบ่งออกเป็นช่วง ๆ ช่วงละ 8 ชั่วโมง ก่อนจะนำไปใช้ในการพยากรณ์ขั้นตอนถัดไป

### 2.1.2 เครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless Network)

เครือข่ายแบบไร้สาย (Wireless Network) หมายถึง เทคโนโลยีในการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง หรือกลุ่มของเครื่องคอมพิวเตอร์ รวมถึงการติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์เครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งการสื่อสารจะไม่ใช่สายสัญญาณในการเชื่อมต่อแต่จะใช้คลื่นวิทยุ หรือ คลื่นอินฟราเรด ในการรับส่งข้อมูลแทน ซึ่งปัจจุบันเป็นที่นิยมมากเนื่องจากสามารถใช้งานได้สะดวก เคลื่อนย้ายง่าย ไม่จำเป็นต้องพกพาสายสื่อสารสำหรับเชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์กับจุดปล่อยสัญญาณ รวมไปถึงสัญญาณนั้นมียุทวี่งไปจึงสามารถเข้าถึงได้ง่าย

เนื่องจากข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานมีความสำคัญและส่งผลโดยตรงต่อการใช้งานอินเทอร์เน็ต ดังนั้นผู้วิจัยจะนำเสนองานวิจัยที่ทำงานกับข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (available bandwidth) โดยทดสอบในระบบเครือข่ายแบบไร้สาย ซึ่งงานวิจัยที่ศึกษาในเครือข่ายแบบไร้สายนี้ คือ Video Streaming Using a Location-Based Bandwidth Lookup Service for Bit-Rate Planning (Riiser, Endestad, Vigmostad, Griwodz, & Halvorsen, 2011) มีรายละเอียดดังนี้

ผู้คนจำนวนมากทั่วโลกมักเดินทางโดยใช้ระบบขนส่งสาธารณะ และมักจะใช้ช่วงเวลาระหว่างการเดินทางนี้ในการรับชมคลิปวิดีโอที่มีให้บริการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อความเพลิดเพลินและการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดูรับชมคลิปวิดีโอที่มีให้บริการผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตจำเป็นต้องใช้เครือข่ายไร้สาย(wireless) ในการรับชมคลิปวิดีโอ

วิดีโอสตรีมมิ่ง (Video streaming) คือชุดต่อเนื่องของภาพเคลื่อนไหวที่บีบอัดแล้วส่งไปยังผู้ชมบนอินเทอร์เน็ต (Internet) ซึ่งมีความแตกต่างจากการดาวน์โหลด (Download) ตรงที่ว่า การใช้เทคนิคสตรีมมิ่งนั้นสามารถเปิดหรือเล่นไฟล์วิดีโอที่อยู่บนอินเทอร์เน็ตได้โดยไม่ต้องรอให้ไฟล์วิดีโอทั้งหมดนั้นเข้ามาอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ของผู้รับชม ยกตัวอย่างเช่น การรับชมวิดีโอที่บนเว็บไซต์ต่าง ๆ ในขณะที่การดาวน์โหลดนั้นผู้รับชมไม่สามารถทำการรับชมวิดีโอได้จนกว่า

จะทำการดาวน์โหลดไฟล์วีดิทัศน์ทั้งหมดเข้าสู่คอมพิวเตอร์ของผู้รับชม ซึ่งการทำดาวน์โหลดไฟล์วีดิทัศน์ทั้งหมดนั้นมีข้อเสียคือใช้เวลาค่อนข้างมากในการดาวน์โหลด

บิตเรท (Bitrate) คือ จำนวนบิต (bit) ที่ถูกประมวลผลในหนึ่งหน่วยเวลาในการเล่นวีดิโอสตรีมมิ่งมีหน่วยเป็น bits per second (bps) ส่งผลต่อความคมชัดของวีดิทัศน์ด้วย ซึ่งมีข้อกำหนดความต้องการของบิตเรท (Bitrate) จากเครือข่ายเพื่อให้การเล่นวีดิโอสตรีมมิ่งราบรื่นเป็นไปตามความต้องการของผู้รับชมมีดังนี้

426 x 240 พิกเซล (pixels) หรือเทียบเท่า 240p, ต้องการบิตเรทโดยประมาณ 500 Kbps

640 x 360 พิกเซล (pixels) หรือเทียบเท่า 360p, ต้องการบิตเรทโดยประมาณ 1 Mbps

854 x 480 พิกเซล (pixels) หรือเทียบเท่า 480p, ต้องการบิตเรทโดยประมาณ 3 Mbps

1280 x 720 พิกเซล (pixels) หรือเทียบเท่า 720p, ต้องการบิตเรทโดยประมาณ 5 Mbps

1920 x 1080 พิกเซล (pixels) หรือเทียบเท่า 1080p, ต้องการบิตเรทโดยประมาณ 8 Mbps

3840 x 2160 พิกเซล (pixels) หรือเทียบเท่า 4K, ต้องการบิตเรทโดยประมาณ 25 Mbps

(มักไม่ใช้สตรีมมิ่งแบบสด)

บิตเรทที่ต้องใช้ในการสตรีมมิ่งวีดิทัศน์ จะต้องมีความสอดคล้องกับปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต กล่าวคือ หากแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีปริมาณที่มาก จะสามารถสตรีมมิ่งวีดิทัศน์ที่ต้องการด้วยปริมาณบิตเรทสูงได้ และส่งผลให้วีดิทัศน์มีคุณภาพสูงได้ตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามหากแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีปริมาณที่น้อย ทำให้สามารถสตรีมมิ่งวีดิทัศน์ที่ต้องการด้วยปริมาณบิตเรทน้อยตามปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน ส่งผลให้วีดิทัศน์มีคุณภาพต่ำนั่นเอง

เครือข่ายแบบไร้สาย (wireless network) แตกต่างกับเครือข่ายแบบใช้สาย (wired network) ในเรื่องของความเสถียรของแบนด์วิดท์ที่จะได้รับ ดังนั้นการใช้เครือข่ายแบบไร้สายมีปัญหาที่สำคัญ คือ การผันผวนของแบนด์วิดท์ (bandwidth fluctuations) และเครือข่ายไม่ตอบสนองตามที่ผู้ชมวีดิทัศน์ต้องการ ปัญหาการผันผวนของแบนด์วิดท์จะส่งผลให้การสตรีมมิ่งเกิดปัญหาเช่น ในขณะที่ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานอยู่ที่ 4 Mbps ซึ่งแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในระดับนี้เพียงพอต่อการสตรีมมิ่งวีดิทัศน์ที่มีความชัด 480p หรือใช้บิตเรทในการสตรีม 3 Mbps โดยประมาณ ในเวลาถัดมาหากเกิดการผันผวนของแบนด์วิดท์จากที่พร้อมใช้งานอยู่ 4 Mbps เป็น 1 Mbps ส่งผลให้การสตรีมมิ่งวีดิทัศน์ในระดับความชัดที่ 480p เกิดการกระตุกหรือเกิดภาพนิ่งไม่ตอบสนองการสตรีมมิ่งวีดิทัศน์เนื่องจากแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานไม่เพียงพอต่อความต้องการในการสตรีมมิ่งวีดิทัศน์ในระดับความชัดที่ 480p ซึ่งในระดับแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานที่ 1 Mbps จะสามารถสตรีมมิ่งไม่สะดุดได้ในระดับความชัดที่ 360p หากสามารถคาดการณ์ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน

ตลอดเส้นทางในอินเทอร์เน็ตได้นั้นจะทำให้สามารถเตรียมพร้อมวีดิทัศน์ที่มีความชัดระดับที่เหมาะสมกับแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนบิตเรท (Bitrate) สำหรับสตรีมมิ่งวีดิทัศน์ (Video streaming) โดยใช้เทคนิคการค้นหาค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานเชิงพื้นที่ (Location-based Bandwidth-Lookup Service) เทคนิคนี้จะทำให้ทราบค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานและข้อมูลเชิงพื้นที่นำไปจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลกลาง แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานและข้อมูลเชิงพื้นที่จะมีการอัปเดตตลอดช่วงระยะเวลาที่ให้บริการลูกค้าทุกเส้นทาง มีแนวคิดการทำงานคล้ายกับการรายงานสภาพการจราจรของ Google คือในขณะที่ผู้ใช้งานกำลังใช้บริการอยู่ ทางผู้ให้บริการจะเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งานในเวลาเดียวกันเพื่อนำข้อมูลมาอัปเดตฐานข้อมูลให้เป็นข้อมูลปัจจุบัน ซึ่งเครือข่ายแบบไร้สายที่ใช้ทดลองคือเครือข่ายเซลลูลาร์ (Cellular Network) 3G (Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) ) ที่มีอยู่ในเมืองออสโล (Oslo) ประเทศนอร์เวย์ (Norway) และต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งและเปิดใช้งานระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System – GPS)

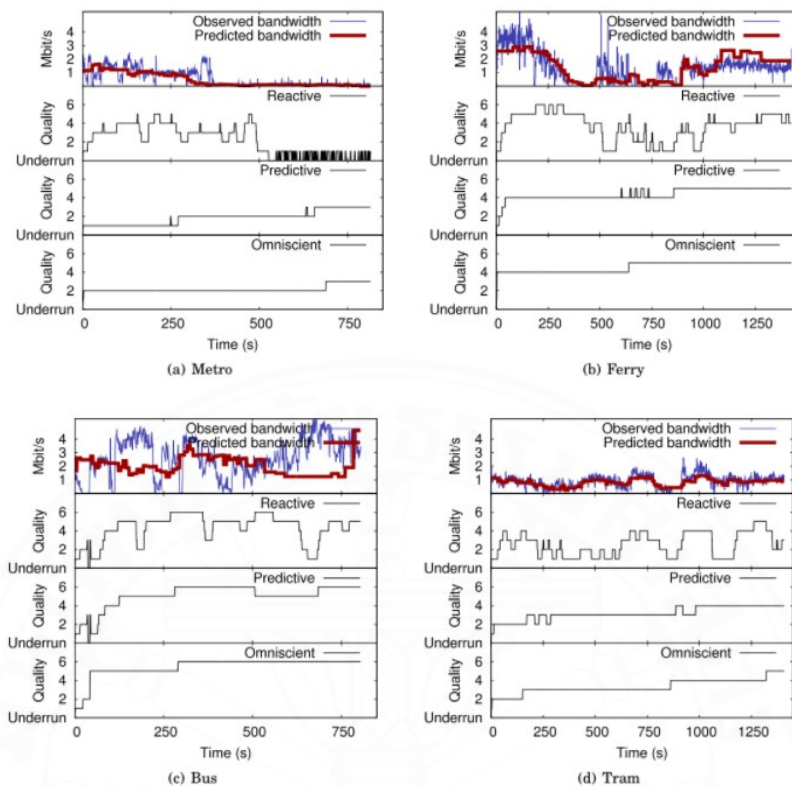
งานวิจัยนี้ทำการทดลองโดยการสร้างฐานข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานของเส้นทางการเดินทางในระบบขนส่งสาธารณะที่นิยมจำนวน 4 เส้นทาง ในตัวเมืองออสโล ประเทศนอร์เวย์ ได้แก่ รถไฟใต้ดิน รถบัส เรือข้ามฟาก และรถราง ข้อมูลแบนด์วิดท์แต่ละข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบ (ปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน, ตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลกของจุดที่ทำการวัดปริมาณแบนด์วิดท์) ดังนั้น ข้อมูลแบนด์วิดท์ของแต่ละเส้นทางจะเป็นชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ของจุดต่าง ๆ ตลอดเส้นทางการเดินทาง

การวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในแต่ละจุดตลอดเส้นทางเพื่อนำมาเป็นข้อมูลเบื้องต้นก่อนเริ่มการทดลองจริงทำโดยสำรวจในทุกเส้นทาง เริ่มวัดค่าแบนด์วิดท์ ทุก ๆ 100 เมตร ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงปลายทาง เก็บค่าแบนด์วิดท์เพื่อสร้างฐานข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานและตำแหน่งพิกัดบนพื้นโลก (ละติจูด ลองจิจูด) ที่ทำการวัดแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน ทำโดยไหลด์วีดิทัศน์ต่อเนื่องในระบบสตรีมมิ่งจากนั้นนับจำนวนไบต์ (bytes) ที่รับได้ หลังจากนั้นทำการส่งรายงานค่าแบนด์วิดท์ที่วัดพร้อมกับพิกัดระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ที่วัดได้ไปเก็บที่ฐานข้อมูลเพื่อทำการตรวจสอบและอัปเดตค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานใหม่ทุกครั้งตามเส้นทางที่กำหนด นอกจากนี้ สามารถคาดการณ์การผันผวนของแบนด์วิดท์ (bandwidth fluctuations) และการไม่ตอบสนองของเครือข่าย (network outages) ซึ่งข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานนี้จะช่วยรักษาความต่อเนื่องในการเล่นวีดีโอโดยไม่ทำให้คุณภาพลดลง

การทำงานของระบบแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับวิดีโอจะเลือกปลายทางและเส้นทางที่เหมาะสม แล้วจะส่งเส้นทางไปยังฐานข้อมูลเป็นล่องติจุดและล่องติจุดทุก ๆ 100 เมตรไปตามเส้นทาง ผู้รับแต่ละคนจะบันทึกเส้นทางที่กำหนดไว้ข้างต้น ส่วนการคาดการณ์เส้นทางจะขึ้นอยู่กับประวัติการเดินทางของผู้รับ ขั้นตอนต่อมาเมื่อฐานข้อมูลรับรายละเอียดของเส้นทางแล้ว จะส่งตัวอย่างค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแบนด์วิดท์สำหรับแต่ละจุดตามเส้นทางกลับไปยังอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับ ขั้นตอนสุดท้ายการทำงานของอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับจะประมวลค่าแบนด์วิดท์ที่วัดได้ทุก ๆ 100 เมตรต่อการเดินทางกับข้อมูลเก่าที่ได้รับจากฐานข้อมูลซึ่งช่วยคำนวณตัวเลขประมาณของไบต์ที่สามารถสตรีมมิ่งได้ในเวลาที่ยังเหลือในการเดินทาง พร้อมกับการพยากรณ์เส้นทางและความเร็วของค่าแบนด์วิดท์และรู้ถึงค่าเฉลี่ยของบิทเรททุกๆระดับคุณภาพ การทำงานแบบนี้เป็นการทำงานของอัลกอริทึม history-based prediction ซึ่งอุปกรณ์ที่เป็นตัวรับจะสามารถวางแผนว่าจะใช้ระบบคุณภาพใดและเริ่มสตรีมมิ่งในแต่ละช่วง อุปกรณ์ที่เป็นตัวรับจะทำการคำนวณซ้ำ ๆ โดยคำนวณจำนวนไบต์ที่มีอยู่ในบัฟเฟอร์ (buffer) เป้าหมายคือการทำให้บัฟเฟอร์ว่างจนสิ้นสุดการใช้งาน เมื่ออุปกรณ์ที่เป็นตัวรับตรวจพบว่าเส้นทางหรือเวลาที่คาดการณ์ไว้มีการเบี่ยงเบนไปจากเดิม จะทำให้มีการพยากรณ์เส้นทางและ ค่าแบนด์วิดท์ใหม่ ยกตัวอย่าง เช่น เส้นทาง (Path) ต้องการใช้แบนด์วิดท์ 8 ไบต์ต่อ 100 เมตร ตลอดทั้งเส้นทางเมื่อได้รับรายละเอียดแล้วพบว่า ข้อมูลเก่าของ Path(เส้นทาง) นี้ต้องการใช้แบนด์วิดท์เพียง 4 ไบต์ต่อ 100 เมตรเท่านั้น หลังจากนั้นส่งข้อมูลที่ได้ไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่เก็บวีดิทัศน์ (Video Server) เพื่อพยากรณ์เส้นทาง ความเร็วของแบนด์วิดท์และค่าเฉลี่ยของบิทเรททุก ๆ ระดับคุณภาพ เพื่อจะสามารถวางแผนว่าจะใช้ระดับคุณภาพใดและเริ่มสตรีมมิ่งตามแผนที่พยากรณ์ไว้

เมื่อเกิดการผันผวนของแบนด์วิดท์จะส่งต่อปริมาณข้อมูลที่อยู่ในบัฟเฟอร์ เพื่อให้การสตรีมมิ่งวีดิทัศน์ราบรื่นเหมาะสมกับแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดทั้งเส้นทางการรับชม อัลกอริทึมที่จะช่วยให้การสตรีมมิ่งวิดีโอคือ buffer-based reactive ซึ่งมีหน้าที่เลือกบิทเรทของวิดีโอที่เหมาะสม ตามจำนวนวินาทีของวิดีโอที่โหลดไว้ในบัฟเฟอร์ ดังนั้นเมื่อบัฟเฟอร์ถึงขนาดที่ระบุระบบจะได้รับอนุญาตให้เพิ่มคุณภาพ ในทำนองเดียวกันคุณภาพที่เลือกจะลดลงหากบัฟเฟอร์ลดลงต่ำกว่าเกณฑ์

อัลกอริทึม omniscient prediction คืออัลกอริทึมที่ใช้ในการพยากรณ์ที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับ อัลกอริทึม history-based prediction แต่จะมีข้อแตกต่างการทำงานในช่วงสุดท้ายคือการเลือกแบนด์วิดท์ที่รองรับได้ในแต่ละช่วง โดยจะเลือกแบนด์วิดท์ที่สามารถรองรับได้มากที่สุดในช่วงนั้นๆ ซึ่งอัลกอริทึมนี้เป็นอัลกอริทึมที่มีการคาดการณ์ที่สมบูรณ์แบบ จึงไม่จำเป็นต้องพึ่งการลดคุณภาพวีดิทัศน์และการใช้บัฟเฟอร์



ภาพที่ 2.5 ผลจากการทำการทดลองในตัวแบบจะได้คุณภาพวิดีโอที่ชัดตลอดทั้งเส้นทาง 4 เส้นทาง  
ที่มา: Aldhyani และ Joshi, 2017

ในการทดลองจะนำอัลกอริทึมทั้งสามวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้นมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงาน ซึ่งก่อนที่จะทำการทดลองในสภาพแวดล้อมจริง จะมีการทำการทดลองกับตัวแบบก่อน ผลจากการทำการทดลองในตัวแบบจะได้คุณภาพวิดีโอที่ชัดตลอดทั้งเส้นทาง ซึ่งเกิดแบบดิวติท์ที่คาดการณ์ได้(ใช้เทคนิค Location-based Bandwidth-Lookup Service) นำมาผ่านอัลกอริทึม Reactive, Predictive และ Omniscient ได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 2.11

นอกจากนี้ยังสนใจการใช้งานบัฟเฟอร์ที่สมบูรณ์อีกด้วย ซึ่งเมื่อสิ้นสุดการเดินทางของผู้ใช้ทำให้สังเกตได้ว่าบัฟเฟอร์จะว่างทุกครั้งหากใช้อัลกอริทึม Omniscient รวมไปถึงอัลกอริทึม Prediction จะเหลือข้อมูลภายในเล็กน้อย ส่วนอัลกอริทึม Reactive จะเหลือข้อมูลในบัฟเฟอร์มากกว่าเมื่อเทียบกับทุกอัลกอริทึม ซึ่งส่งผลให้มีการสตรีมมิ่งวิดีโอต่อเนื่องจนกว่าจะมีการปิดหรืออยู่ไกลจากตำแหน่งที่สามารถสตรีมมิ่งวิดีโอได้

หลังจากการทำการทดลองในตัวแบบแล้ว จะทำการทดลองด้วยวิธีเดียวกันในสภาพแวดล้อมจริงซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ยิ่งช่วยยืนยันว่าการใช้เทคนิคการค้นหาค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานเชิงพื้นที่ (Location-based Bandwidth-Lookup Service) ร่วมกับอัลกอริทึม

Predictive จะช่วยให้คุณภาพชีวิตที่มั่นคงและไม่ประสบปัญหาชีวิตที่ไม่ตอบสนอง การทดลองในสภาพแวดล้อมจริงแสดงให้เห็นข้อผิดพลาดในการคาดการณ์อยู่บ้าง เช่น สถานีรถไฟในช่วงสุดท้ายของการเดินทางสถานีจะอยู่ใต้พื้นดินส่งผลให้สัญญาณที่ได้รับนั้นล่าช้าและทำให้เกิดการคาดการณ์ผิดพลาด แต่อย่างไรก็ตามผลการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงแสดงให้เห็นว่าระบบการทำงานดังกล่าวนี้เหมาะสมกับการสตรีมมิ่งชีวิตที่ซับซ้อนบนอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่รวมไปถึงรองรับกับสถานการณ์เกิดการผันผวนของแบนด์วิดท์อีกด้วย

### 2.1.3 สาขาการศึกษาต่างๆ (Academic discipline)

นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) ข่ายงานบริเวณกว้าง (Wide Area Network) แล้วนั้น ในสาขาการศึกษาอื่นๆ เช่น สังคมศาสตร์ (Social sciences), เศรษฐศาสตร์ (Economics), คณิตศาสตร์ (Mathematics) หรือ วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ได้มีความสนใจในการพยากรณ์เพื่อพัฒนาการทำงานหรือคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเช่นเดียวกัน ซึ่งในงานวิจัย A Fast Algorithm for Network Forecasting Time Series (Liu และ Deng, 2019) ได้กล่าวถึงการใช้เครื่องมือทางคณิตศาสตร์ชื่อว่า กราฟทัศนวิสัย (Visibility Graph) ในการพยากรณ์ข้อมูลจากหลายสาขาการศึกษาตามรายละเอียดดังนี้

ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาในงานวิจัยนี้ได้มีการใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาจากหลายสาขาการศึกษาซึ่งมีทั้งหมด 4 ชุดข้อมูล ได้แก่ ชุดข้อมูลดัชนีราคาค่าก่อสร้าง (Construction Cost Index : CCI) จากสาขาวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering), ชุดข้อมูลการขายยาสระผม (Shampoo Sale) จากสาขาเศรษฐศาสตร์ (Economics), ชุดข้อมูลจุดบอดบนดวงอาทิตย์ (Sunspots) จากสาขาดาราศาสตร์ (Astronomy) และ ชุดข้อมูลการเกิดของผู้หญิงรายวัน จากสาขาสังคมศาสตร์ (Social sciences) ในงานวิจัยนี้ทำให้เห็นว่าการพยากรณ์สามารถประยุกต์ใช้ได้กับข้อมูลอนุกรมเวลาจากหลากหลายแหล่งสาขาการศึกษาได้

เครื่องมือที่งานวิจัยนี้ใช้งานจะเป็นเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ชื่อว่า กราฟทัศนวิสัย (Visibility Graph) โดยมีหลักการทำงานคล้ายๆ ตัวแบบคลาสสิก (Classic Model) ที่จะนำข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตหนึ่งจำนวน คัดคำนวณเพื่อพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาในอนาคต ซึ่งกราฟทัศนวิสัย (Visibility Graph) มีขั้นตอนการทำงาน 4 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรกจะนำข้อมูลอนุกรมเวลามาทำการสร้างกราฟทัศนวิสัย (Visibility Graph) ต่อมาจะทำการคิดคำนวณความน่าจะเป็นทรานเฟอร์เมตริกซ์ ขั้นตอนถัดมาจะใช้วิธีการคำนวณความคล้ายคลึงกัน (Similarity) ของโหนดโดยอาศัยการกระจายแบบคงที่ (Stationary distribution) ของโซ่มาร์คอฟ หลังจากนั้นในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการพยากรณ์แบบถ่วงน้ำหนักโดยหาค่าความน่าจะเป็น  $pro-k$  ที่สูงและใกล้เคียงค่าสุดท้ายของข้อมูลมากที่สุด ในผลลัพธ์จะแสดงกราฟทัศนวิสัย (Visibility Graph) ที่มีข้อมูลอนุกรม

เวลาจริงเทียบกับข้อมูลที่พยากรณ์ได้ ซึ่งผลการทดลองในงานวิจัยนี้พบว่าเครื่องมือกราฟทัศนวิสัย (Visibility Graph) สามารถพยากรณ์ข้อมูลได้แม่นยำ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบคลาสสิก (Classic Model) พบว่ามีความแม่นยำน้อยกว่า นอกจากนี้สิ่งที่โดดเด่นในเครื่องมือนี้คือ ความรวดเร็วในการคำนวณประมวลผลการพยากรณ์

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องงาน

### 2.2.1 อนุกรมเวลา (Time Series)

อนุกรมเวลา หมายถึง ชุดของข้อมูลที่มีการวัดและจัดเก็บอย่างต่อเนื่องภายใน ช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยระยะห่างของการวัดและจัดเก็บข้อมูลภายในอนุกรมเวลาควรเป็นระยะห่างที่ เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลยอดขายแต่ละปีของบริษัทแห่งหนึ่ง ปริมาณการใช้ ไฟฟ้าแต่ละปีของประเทศไทย สภาพภูมิอากาศแต่ละวันในภาคเหนือของประเทศไทย เป็นต้น

ข้อมูลอนุกรมเวลาสามารถแปรผันตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพ ภูมิประเทศ ทรัพยากรธรรมชาติ การเมือง เศรษฐกิจ ภัยธรรมชาติ และ จำนวนประชากร ของพื้นที่ที่ ทำการเก็บข้อมูล เป็นต้น อิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของข้อมูลอนุกรม เวลา

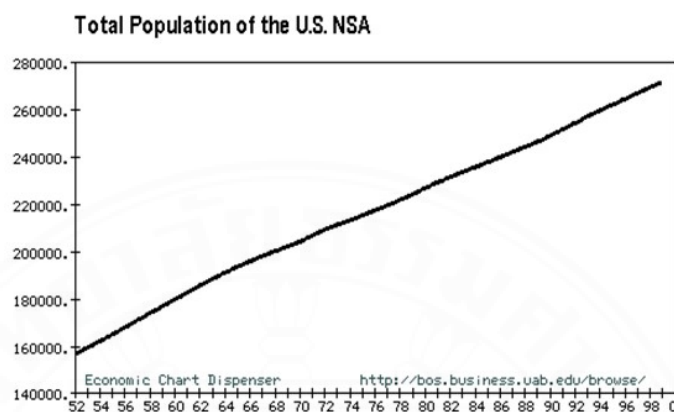
องค์ประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลา แบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ แนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) วัฏจักร (Cyclical) และ ความผิดปกติ (Irregularly)

#### 2.2.1.1 องค์ประกอบแนวโน้ม (Trend)

แนวโน้ม (Trend) สะท้อนได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลอนุกรม เวลาภายในชุดข้อมูล โดยการเปลี่ยนแปลงค่าแบบมีแนวโน้มจะต้องเป็นการเปลี่ยนแปลงแบบเดียวกัน หรือมีทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวพอสมควรเปรียบเสมือนกับการดูข้อมูลใน ภาพรวมทั้งหมดว่ามีทิศทางที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

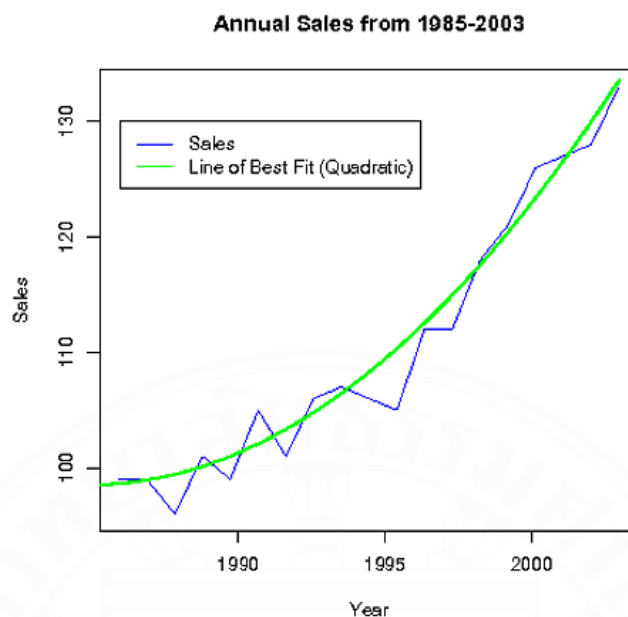
ข้อมูลอนุกรมเวลาแบบมีแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลภายใน ชุดข้อมูลจะสามารถอธิบายได้ด้วยสมการเส้นตรง หรือ สมการเส้นโค้ง แต่ลักษณะของเส้นแนวโน้ม จะต้องเรียบตลอดช่วงเวลาที่เราวิเคราะห์ไม่มีการหักมุมใด ๆ ในเส้นแนวโน้ม

ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลจำนวนประชากรจากสำนักงานความมั่นคงแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 1952 – 1999 แสดงให้เห็นว่าจำนวนประชากรในประเทศสหรัฐอเมริกามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Uptrend) ในทุก ๆ ปี (ภาพที่ 2.6)



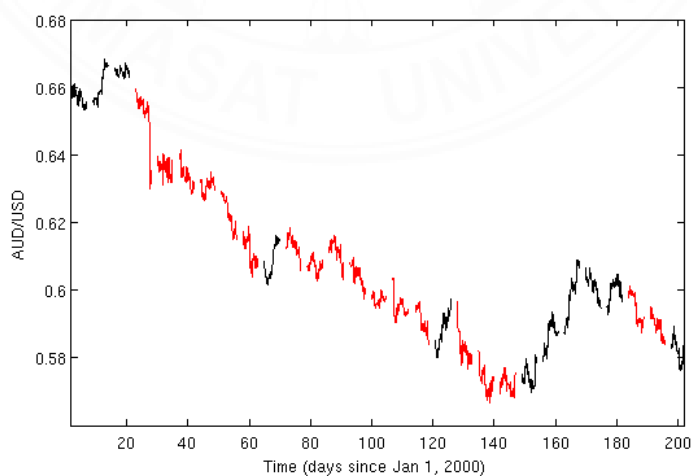
ภาพที่ 2.6 ข้อมูลจำนวนประชากรจากสำนักงานความมั่นคงแห่งชาติ

ภาพที่ 2.7 แสดงยอดขายรายปีของบริษัทหนึ่งตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985 – 2003 ข้อมูลอนุกรมเวลาในภาพที่ 2.7 นี้แสดงให้เห็นแนวโน้ม (Trend) กล่าวคือ ยอดขายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Uptrend) เพียงเล็กน้อยในปี ค.ศ. 1985 – 1990 อย่างไรก็ตาม หลังจากปี ค.ศ. 1990 เป็นต้นไปจนถึงปี ค.ศ. 2003 ยอดขายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นหลายเท่าตัว ทำให้แนวโน้มในภาพรวมทั้งหมดเป็นแนวโน้มเพิ่มขึ้นในรูปแบบเส้นโค้งดังแสดงในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.7 ข้อมูลอนุกรมเวลาแสดงยอดขายของจักรยานในพื้นที่หนึ่ง

จากภาพที่ 2.8 เป็นข้อมูลอัตราการแลกเปลี่ยนสกุลเงินระหว่างสกุลเงินดอลลาร์ออสเตรเลีย (AUD) และ ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา (USD) ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ปี ค.ศ. 2000 จนถึง เดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2000 แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มอัตราการแลกเปลี่ยนสกุลเงินตั้งแต่ช่วงสิ้นเดือนมกราคมจนถึงเดือนพฤษภาคมมีแนวโน้มลดลง (Downtrend)

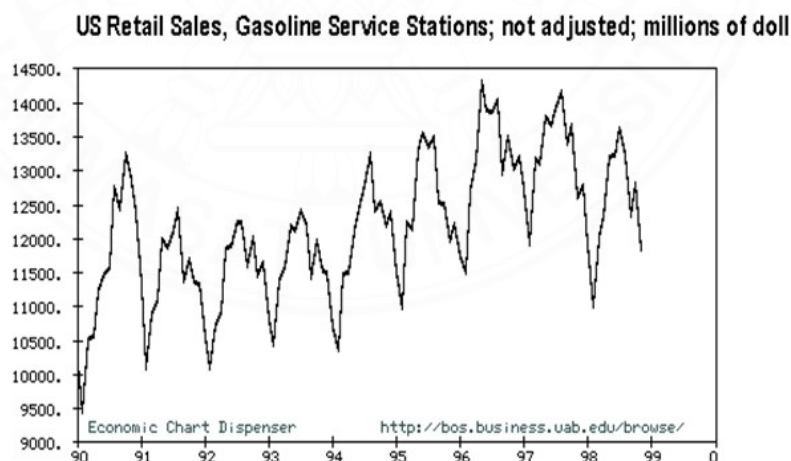


ภาพที่ 2.8 ข้อมูลอัตราการแลกเปลี่ยนสกุลเงินระหว่างสกุลเงินดอลลาร์ออสเตรเลีย (AUD) และ ดอลลาร์สหรัฐอเมริกา (USD) ช่วงเวลา 10 ปี

### 2.2.1.2 องค์ประกอบการแปรผันตามฤดูกาล (Seasonal)

การแปรผันตามฤดูกาล (Seasonal) หมายถึง ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการแปรผันเพิ่มขึ้นหรือลดลงในลักษณะเดียวกันของรอบระยะเวลาหนึ่งที่แน่นอน หรือเรียกได้ว่าจะมีระยะเวลาการเกิดซ้ำกันขึ้นภายในรอบหนึ่งช่วงเวลา โดยการแปรผันตามฤดูกาลนี้มักจะเกิดขึ้นในรอบระยะเวลา 1 ปี

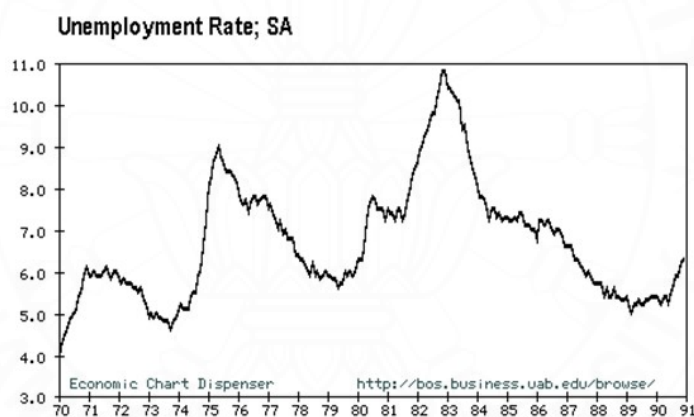
ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการแปรผันตามฤดูกาล ยกตัวอย่างเช่น จากภาพที่ 2.4 เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาของยอดขายปลีกที่สถานีบริการน้ำมันในสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 – 1999 แสดงให้เห็นถึงการใช้น้ำมันในแต่ละปี โดยในช่วงเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนสิงหาคม เป็นช่วงที่ผู้คนเดินทางไปพักผ่อนเป็นจำนวนมากเนื่องจากเป็นฤดูร้อนมีสภาพอากาศเหมาะสำหรับการพักผ่อนหรือท่องเที่ยว ส่งผลให้จำนวนยอดขายปลีกน้ำมันสูงที่สุดในช่วงนี้ ในทางกลับกันช่วงต้นปี เดือนมกราคมและกุมภาพันธ์เป็นฤดูหนาว ส่วนตั้งแต่เดือนมีนาคมจนถึงเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงของฤดูใบไม้ผลิ และในช่วงปลายปีตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงฤดูใบไม้ร่วง และเดือนธันวาคมเป็นฤดูหนาว เนื่องจากสภาพอากาศบางฤดูกาลไม่เหมาะสำหรับการพักผ่อนหรือท่องเที่ยว ส่งผลให้ในช่วงต้นปีและปลายปีจะมียอดขายปลีกน้ำมันต่ำ ซึ่งเกิดขึ้นในลักษณะแบบนี้ทุก ๆ ปี นอกจากนี้ตัวอย่างดังกล่าวยังมีข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีจะมีการแปรผันตามฤดูกาลอีกมากมาย เช่น ข้อมูลนักท่องเที่ยว ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า และ ข้อมูลยอดขายเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น



ภาพที่ 2.9 ข้อมูลอนุกรมเวลาของยอดขายปลีกที่สถานีบริการน้ำมันในสหรัฐอเมริกา

### 2.2.1.3 องค์ประกอบการแปรผันตามวัฏจักร (Cyclical)

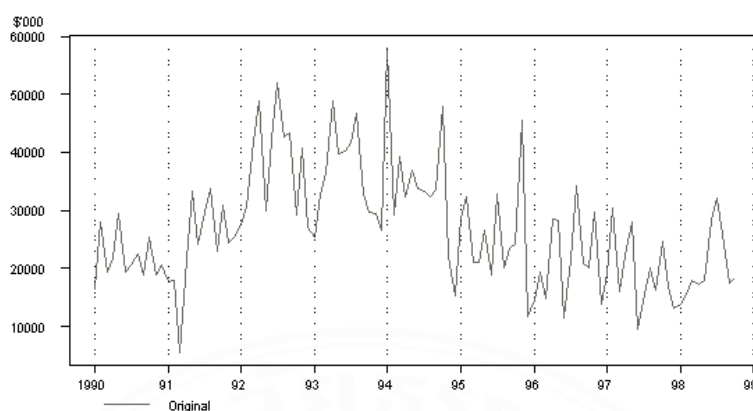
การแปรผันตามวัฏจักร (Cyclical) จะมีลักษณะคล้ายกับการแปรผันตามฤดูกาล (Seasonal) คือมีรูปแบบความผันผวนเพิ่มขึ้นหรือลดลงเคลื่อนไหวในลักษณะซ้ำกัน จะต่างกันที่การผันแปรตามวัฏจักรแต่ละรอบจะใช้ระยะเวลาที่ยาวนานกว่าการผันแปรตามฤดูกาล โดยการแปรผันตามวัฏจักรนี้มักจะเกิดขึ้นในรอบระยะเวลามากกว่า 1 ปีขึ้นไป ตัวอย่างเช่น อัตราการว่างงานในประเทศซาอุดีอาระเบีย ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 – 1991 แสดงให้เห็นถึงการแปรผันตามวัฏจักร จากภาพที่ 2.5 จะแสดงให้เห็นว่าทุกๆ 5 - 7 ปี จะมีการแปรผันในลักษณะวนกลับมาในลักษณะเดิม โดยในช่วงปีแรกจนถึงปีที่ 2 หรือปีที่ 4 จะมีอัตราการว่างงานเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ หลังจากปีที่ 3 หรือปีที่ 5 จะมีอัตราการว่างงานน้อยลงไปจนถึงปีที่ 7 โดยข้อมูลมีการแปรผันในลักษณะนี้ซ้ำ ๆ ในรอบระยะเวลาที่ยาวนานกว่า 1 ปี จึงเรียกว่าการแปรผันตามวัฏจักร ซึ่งมีข้อมูลอนุกรมเวลาแบบนี้ อีก เช่น ข้อมูลวัฏจักรของธุรกิจ ข้อมูลวัฏจักรของการเมือง และ องค์ประกอบของเศรษฐกิจ เป็นต้น



ภาพที่ 2.10 อัตราการว่างงานในประเทศซาอุดีอาระเบีย

### 2.2.1.4 องค์ประกอบการแปรผันตามความผิดปกติ (Irregularly)

การแปรผันตามความผิดปกติ (Irregularly) ซึ่งหมายถึงการเคลื่อนที่ของข้อมูลนั้นจะไม่สามารถคาดการณ์ได้ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน เนื่องจากเป็นผลกระทบมาจากเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดหรือมีการเปลี่ยนแปลงแบบสุ่ม โดยมักจะเกิดในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ และจะไม่เกิดขึ้นซ้ำอีก ดังตัวอย่างภาพที่ 2.6 แสดงข้อมูลมูลค่าของการอนุมัติการสร้างอาคารบ้านเรือนรายเดือนในเขตเมืองหลวงของออสเตรเลีย (Australian Capital Territory - ACT) ตั้งแต่เดือนมกราคม ปี ค.ศ. 1990 จนถึง เดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 1999 ซึ่งข้อมูลแสดงให้เห็นถึงมูลค่าการอนุมัติสร้างอาคารบ้านเรือนในแต่ละเดือนเกิดขึ้นตามสถานการณ์ในช่วงนั้น ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอสูงในชุดข้อมูลนี้



ภาพที่ 2.11 แสดงข้อมูลมูลค่าของการอนุมัติการสร้างอาคารบ้านเรือนรายเดือนในเขตเมืองหลวงของออสเตรเลีย (Australian Capital Territory - ACT)

องค์ประกอบทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเป็นองค์ประกอบสำคัญที่รวมกันเป็นหนึ่งข้อมูลอนุกรมเวลา แต่ภายในหนึ่งอนุกรมเวลาไม่จำเป็นต้องมีทุกองค์ประกอบข้างต้น กล่าวคือ ข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุดสามารถมีองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของข้อมูลอนุกรมเวลา ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลอนุกรมเวลาแสดงยอดขายของจักรยานในพื้นที่หนึ่งในช่วงเวลา 10 ปี (ดังแสดงในภาพที่ 2.7) ข้อมูลอนุกรมเวลานี้สังเกตเห็นได้ว่าเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาระยะยาว 10 ปี ซึ่งภายในข้อมูลอนุกรมเวลานี้อาจจะมีองค์ประกอบของแนวโน้มและฤดูกาล เช่น ตลอดระยะเวลา 10 ปีนี้ยอดขายจักรยานในพื้นที่มีแนวโน้มที่เพิ่มมากขึ้นในทุก ๆ ปี แต่หากนำข้อมูลอนุกรมเวลายอดขายจักรยานในพื้นที่หนึ่งในระยะเวลา 10 ปี มาสำรวจในรูปแบบเดือนตลอดระยะเวลา 10 ปี หรือ 120 เดือน ช่วยให้สังเกตเห็นข้อมูลอนุกรมเวลานี้มีองค์ประกอบของฤดูกาล เช่น ในฤดูร้อนยอดขายจักรยานจะมียอดขายที่สูงกว่ายอดขายของฤดูฝนและฤดูหนาว ซึ่งจะเกิดลักษณะของฤดูกาลแบบนี้ในทุก ๆ ปี นอกจากนี้หากภายในปีใดปีหนึ่งเกิดเหตุการณ์ไม่ปกติ เช่น เกิดอุทกภัย หรือ เกิดวิกฤตเศรษฐกิจตกต่ำ จะส่งผลกระทบต่อให้ยอดขายจักรยานมีความผิดปกติไปด้วย

### 2.2.2 คุณสมบัติคงที่ (Stationary)

คุณสมบัติคงที่เป็นคุณสมบัติทางสถิติที่จำเป็นสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะถูกนำมาใช้ในการสร้างตัวแบบและนำตัวแบบผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูล โดยข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่จะเป็นข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้ม (Trend) และ ไม่มีฤดูกาล (Seasonal)

คุณสมบัติคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลาสามารถบ่งชี้หรือยืนยันได้ด้วยค่าทางสถิติสามค่า ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) ความแปรปรวน (Variance) และ ค่าอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation) นอกเหนือจากการใช้ค่าสถิติทั้งสามค่าในการยืนยันคุณสมบัติคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลา นักวิจัยยังนิยม

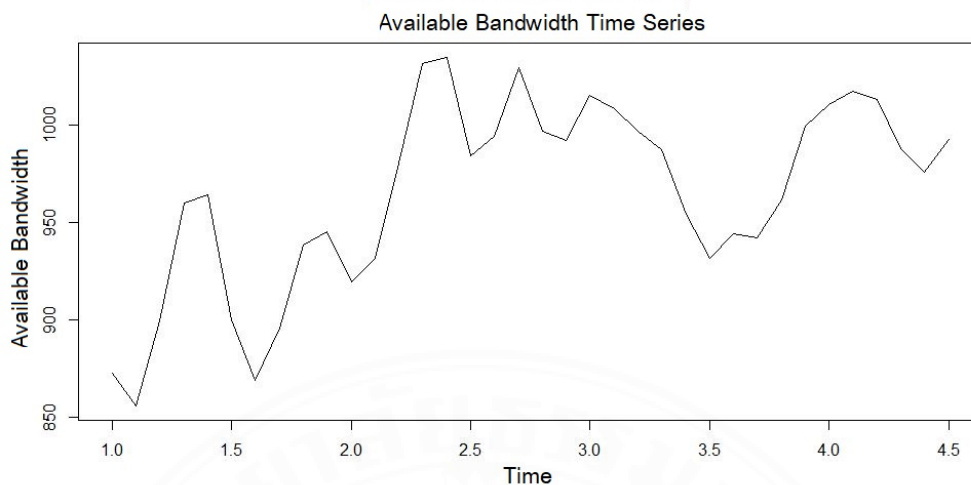
ใช้การทดสอบเอดีเอฟ (Augmented Dickey–Fuller test - ADF) เป็นอีกช่องทางหนึ่งในการบ่งบอกคุณสมบัติคงที่ด้วย

### 2.2.2.1 การยืนยันคุณสมบัติคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้ค่าสถิติ

ค่าสถิติที่ใช้ในการยืนยันคุณสมบัติคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลามีทั้งสิ้นสามค่า ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และ ค่าอัตสหสัมพันธ์ โดย ค่าเฉลี่ย (Mean) เป็นค่าสถิติสำหรับตรวจสอบแนวโน้มภายในข้อมูลอนุกรมเวลา (Trend) โดยการมีค่าเฉลี่ยคงที่จะเป็นการแสดงให้เห็นว่าข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม ลำดับถัดมา ค่าความแปรปรวน (Variance) เป็นค่าทางสถิติสำหรับตรวจสอบองค์ประกอบฤดูกาลภายในข้อมูลอนุกรมเวลา (Seasonal) โดยการมีค่าความแปรปรวนคงที่จะเป็นการแสดงให้เห็นว่าข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีองค์ประกอบฤดูกาล และท้ายที่สุด ค่าอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation) เป็นค่าทางสถิติที่ใช้บ่งบอกความสัมพันธ์กับตนเองภายในชุดข้อมูลอนุกรมเวลา โดยนิยามคำนวณเป็นค่าฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation Function - AFC) และนำค่าฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์มาลงจุดเป็นกราฟเพื่อดูลักษณะการแสดงผลของกราฟ หากค่าฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ของข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะลดลงเข้าสู่ศูนย์อย่างรวดเร็วจะหมายถึงข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความสัมพันธ์กัน ไม่มีแนวโน้ม และฤดูกาล แสดงให้ว่าข้อมูลอนุกรมเวลาคงที่ (Stationary) ในทางตรงกันข้ามลักษณะของค่าฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ของข้อมูลอนุกรมเวลามีลักษณะลดลงสู่ศูนย์อย่างช้า หมายถึงข้อมูลอนุกรมเวลานี้มีแนวโน้ม และหากความสูงของค่าฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ในกราฟกลับมาซ้ำรูปแบบเดิมหมายถึงข้อมูลอนุกรมเวลามีฤดูกาล นอกจากการหาค่าฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบและความสัมพันธ์กันของข้อมูลอนุกรมเวลาแล้ว ค่าฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation Function - AFC) และ ค่าฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Autocorrelation Function - PAFC) เป็นฟังก์ชันที่ช่วยหาค่าพารามิเตอร์  $q$  ของตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) และ ค่าพารามิเตอร์  $p$  ของตัวแบบการถดถอยในตนเอง (Autoregressive - AR) ตามลำดับ ในตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA (p,d,q)) อีกด้วย

### 2.2.2.2 การตรวจสอบคุณสมบัติคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยการทดสอบเอดีเอฟ (Augmented Dickey–Fuller test - ADF)

การทดสอบเอดีเอฟ (Augmented Dickey–Fuller Test - ADF) เป็นการทดสอบตามแบบแผนทางสถิติอย่างเป็นทางการเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ของข้อมูลอนุกรมเวลา



ภาพที่ 2.12 แสดงชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-Seasonal)

ในการทดสอบเอดีเอฟจะมีการตั้งสมมติฐานว่าง (null hypothesis:  $h_0$ ) ให้ข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-Stationary) ส่วนสมมติฐานทางเลือก (alternative hypothesis:  $h_1$ ) จะให้ข้อมูลอนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) และใช้ค่าพี (p-value) ในการตัดสินใจยอมรับ (accept) หรือ ปฏิเสธ (reject) สมมติฐานว่าง ทั้งนี้ การปฏิเสธสมมติฐานว่างจะเป็นการยอมรับสมมติฐานทางเลือกโดยนัย

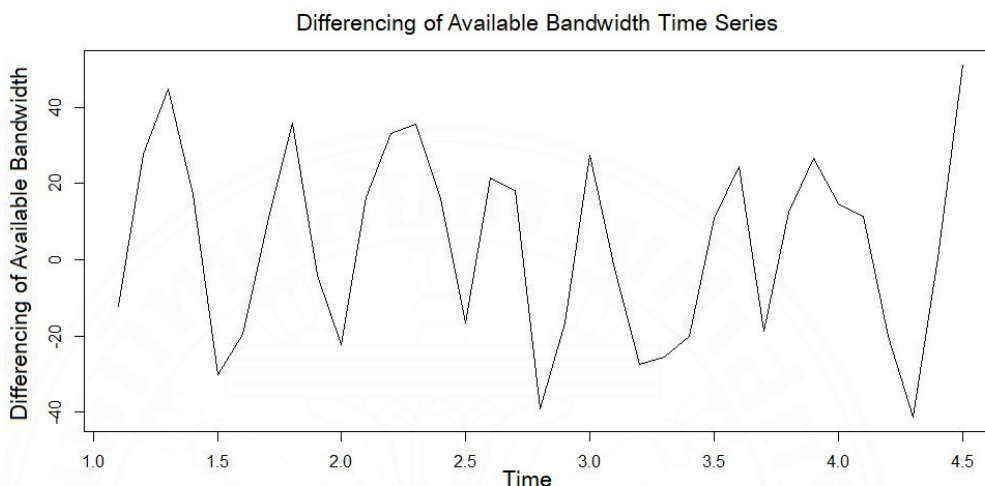
#### Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: pathchirp_ma
Dickey-Fuller = -1.8745, Lag order = 3, p-value = 0.622
alternative hypothesis: stationary
```

ภาพที่ 2.13 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่ยังมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ

ค่าพี (p-value) เป็นตัวเลขจำนวนจริงในช่วงปิด  $[0, 1]$  ซึ่งสะท้อนค่าความน่าจะเป็นที่จะได้ผลลัพธ์เท่ากับหรือเกินกว่าที่สังเกตได้ ภายใต้สมมติฐานว่าง โดยในการทดลองทั่ว ๆ ไป นิยมใช้เกณฑ์ค่าระดับนัยสำคัญในการตัดสินใจปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานว่าง กล่าวคือ สมมติฐานว่างจะถูกปฏิเสธก็ต่อเมื่อค่าพีมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าระดับนัยสำคัญ ในทางตรงกันข้าม หากค่าพีมากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ ส่งผลให้ไม่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง ยกตัวอย่างเช่น ให้ค่าระดับนัยสำคัญมีค่าเท่ากับ 0.05 หากค่าพี (p-value) เท่ากับ 0.99 จะหมายถึงมีโอกาส 99 เปอร์เซ็นต์ที่จะเกิดข้อผิดพลาดหากยอมรับสมมติฐานว่าง และในกรณีนี้ค่าพีมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญส่งผลให้ไม่ปฏิเสธสมมติฐานว่าง ซึ่งหมายความว่าข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-Stationary)

ในทางตรงกันข้าม ค่าพี (p-value) เท่ากับ 0.04 จะหมายถึงมีโอกาส 4 เปอร์เซ็นต์ที่จะเกิดข้อผิดพลาดหากยอมรับสมมติฐานว่าง และด้วยค่าพีที่มีในกรณีนี้มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญส่งผลให้ปฏิเสธสมมติฐานว่าง กล่าวคือ ข้อมูลอนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) นั้นเอง



ภาพที่ 2.14 แสดงชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบมีคุณสมบัติคงที่ (Seasonal)

สำหรับการพยากรณ์ (Forecasting) จะคาดหวังข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ดังนั้นการที่ข้อมูลอนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ที่จะต้องมึลักษณะ คือ ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาจะมีค่าเฉลี่ยคงที่หรือไม่มีแนวโน้ม มีความแปรปรวนคงที่ตลอดระยะเวลาที่วัด หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Non-Seasonal) และมีค่าอัตสหสัมพันธ์คงที่ (Autocorrelation) หากชุดข้อมูลอนุกรมเวลาใดไม่มีคุณสมบัติดังกล่าวจะส่งผลให้ข้อมูลอนุกรมเวลานั้นไม่มีคุณสมบัติคงที่

#### Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: pathchirp_d1
Dickey-Fuller = -5.1298, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary
```

ภาพที่ 2.15 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ

### 2.2.3 ตัวแบบอนุกรมเวลา (Time series model)

ตัวแบบอนุกรมเวลานิยมใช้อย่างแพร่หลายในด้านเศรษฐศาสตร์ ธุรกิจ และ วิศวกรรม เพื่อพยากรณ์เหตุการณ์ในอนาคตจากเหตุการณ์ก่อนหน้าที่ได้เก็บรวบรวมไว้ในช่วงเวลา ปกติ ซึ่งตัวแบบอนุกรมเวลาที่นิยมใช้มีด้วยกัน ดังนี้

#### 2.2.3.1 ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย (Simple Moving Average)

ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย รูปแบบการคิดคำนวณคล้ายกับการ หาค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ แต่จะมีข้อแตกต่างกันที่การหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่นั้นจะใช้ข้อมูลย้อนหลัง จำนวน  $n$  ตัว ซึ่งอาจจะไม่ใช่ทั้งหมดของข้อมูล และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ที่ได้จะเป็นค่าที่สามารถพยากรณ์ ได้ในช่วงเวลาถัดไป มีรูปแบบดังนี้

$$Y_t = \frac{\sum \text{ค่าข้อมูลอนุกรมเวลาย้อนหลัง } n \text{ จำนวน}}{n}$$

ตัวอย่างเช่น

พยากรณ์โดยใช้ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 4 ช่วงเวลาจะมีเขียนสมการได้ดังนี้

$$Y_t = \frac{Y_{t-1} + Y_{t-2} + Y_{t-3} + Y_{t-4}}{4}$$

โดยที่  $Y_t$  แทนข้อมูลอนุกรมเวลาที่พยากรณ์ในช่วงเวลา  $t$

$Y_{t-i}$  แทนข้อมูลอนุกรมเวลาย้อนหลังจากช่วงเวลา  $t$  ไป  $i$  ช่วงเวลา

ตัวแบบนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้เพื่อระบุหาแนวโน้มของข้อมูลอนุกรม เวลาว่ามีทิศทางขาขึ้นหรือขาลงมากกว่าจะนำมาใช้ในการพยากรณ์ เพราะเป็นแบบที่ทำให้ข้อมูล อนุกรมเวลาที่ไม่สม่ำเสมอเกิดความสม่ำเสมอเพื่อที่จะทราบแนวโน้มของข้อมูลได้ง่ายขึ้น

#### 2.2.3.2 ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average)

ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก มีลักษณะการคำนวณเหมือนกับตัว แบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Simple Moving Average) แต่ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักจะให้ ความสำคัญกับข้อมูลย้อนหลังแต่ละตัวไม่เท่ากัน โดยที่ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความเก่ามากเท่าไร ความสำคัญของข้อมูลนั้นก็ยิ่งลดตามลงไปด้วย ค่าน้ำหนักนี้จะผู้คาดการณ์จะเป็นกำหนดค่านั่นเอง ซึ่งจะมีรูปแบบดังนี้

$$Y_t = \frac{\sum(\text{ค่าน้ำหนักที่เวลา } n) \times (\text{ค่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่ } n)}{\sum \text{ค่าน้ำหนัก}}$$

### ตัวอย่างเช่น

พยากรณ์โดยใช้ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก โดยใช้ข้อมูลย้อนหลัง 4 ช่วงเวลา ซึ่งกำหนดให้ค่าน้ำหนักกับข้อมูลอนุกรมเวลาล่าสุดมีค่าเท่ากับ 5 ข้อมูลถัดจากข้อมูลล่าสุดจะมีค่าเท่ากับ 4 ข้อมูลถัดจากข้อมูลล่าสุดสองข้อมูลมีค่าเท่ากับ 2 และข้อมูลถัดจากข้อมูลล่าสุดสามข้อมูลมีค่าเท่ากับ 1 ตามลำดับ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$Y_t = \frac{(5 \times Y_{t-1}) + (4 \times Y_{t-2}) + (2 \times Y_{t-3}) + (1 \times Y_{t-4})}{5 + 4 + 2 + 1}$$

เนื่องจากตัวแบบนี้ยังคงเหมือนกับตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ดังนั้นตัวแบบนี้จึงเหมาะสมกับการนำมาหาแนวโน้มของข้อมูลมากกว่านำไปใช้ในการพยากรณ์ นอกจากนี้ตัวแบบนี้มีการถ่วงน้ำหนักให้ความสำคัญกับแต่ละข้อมูลไม่เท่ากันจะส่งผลให้ตัวแบบนี้สามารถทำให้ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความเหวี่ยงสูงให้ราบเรียบสม่ำเสมอได้

### 2.2.3.3 ตัวแบบการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing)

ตัวแบบการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง มีรูปแบบการคำนวณคล้ายกับตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงเวลา (Weighted Moving Average) โดยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weighted) จะให้ความสำคัญกับข้อมูลล่าสุดค่าถ่วงน้ำหนักจะมากที่สุด ส่วนข้อมูลถัดไปจะลดความสำคัญลงไปเรื่อยๆตามเวลาของข้อมูลซึ่งส่งผลให้ค่าถ่วงน้ำหนักลดลงด้วยในรูปแบบเลขชี้กำลัง (Exponential) ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักหรือเรียกอีกอย่างในตัวแบบนี้ว่า ค่าคงที่ของการปรับให้เรียบ (Smoothing) จะมีค่าตั้งแต่ 0 จนถึง 1 โดยมีรูปแบบดังนี้

$$F_t = (\alpha \times x_t) + (1 - \alpha)F_{t-1}$$

โดยที่  $F_t$  แทนค่าคาดการณ์ใหม่

$F_{t-1}$  แทนค่าคาดการณ์ก่อนหน้า

$x_t$  แทนค่าข้อมูลอนุกรมเวลาที่วัดได้ ณ เวลาปัจจุบัน

#### α แทนค่าคงที่ของการปรับให้เรียบ (Smoothing) หรือค่าถ่วงน้ำหนัก

ซึ่งการกำหนดค่าคงที่ของการปรับให้เรียบนั้นค่อนข้างมีผลกับการเปลี่ยนแปลง คือหากปรับค่าคงที่ของการปรับให้เรียบมีค่าน้อย ๆ หรือมีค่าเข้าใกล้ 0 จะทำให้การปรับเรียบของข้อมูลนั้นเปลี่ยนแปลงค่อนข้างช้าและมีความราบเรียบมากขึ้น แต่หากกำหนดค่าคงที่ของการปรับให้เรียบมีค่ามาก ๆ หรือมีค่าเข้าใกล้ 1 จะทำให้การปรับเรียบของข้อมูลนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเร็วจะส่งผลให้ข้อมูลไม่มีความราบเรียบสม่ำเสมอ

เนื่องจากค่าคงที่ของการปรับให้เรียบนั้นมีผลต่อการทำงานของตัวแบบนี้ทำให้ตัวแบบนี้เหมาะกับการทำข้อมูลอนุกรมเวลาให้มีความราบเรียบสม่ำเสมอมากขึ้น แต่หากจะนำมาใช้สำหรับการพยากรณ์ตัวแบบนี้เหมาะสมที่จะใช้กับข้อมูลที่ไม่มีแนวโน้มหรือไม่มีรูปแบบของฤดูกาล

#### 2.2.3.4 ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA (p,d,q))

ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) เป็นตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยวิธี Box-Jenkins ซึ่งเป็นผู้พัฒนาตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา เป็นอีกหนึ่งตัวแบบที่นิยมนำมาพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาในอดีตมาหารูปแบบที่เหมาะสม ในรูปสมการ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มานี้เกิดจากการรวบรวมการทำงานของสามเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลอนุกรมเวลา ได้แก่ ตัวแบบการถดถอยในตนเอง (Autoregressive - AR) ตัวกลางผสมผสาน (Integrated - I) และ ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) แต่ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มามีข้อจำกัดที่สำคัญที่ควรตรวจสอบก่อนนำข้อมูลไปใช้ในการค้นหาตัวแบบอนุกรมเวลาและชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะนำมาวิเคราะห์จะต้องมีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) หากมีชุดข้อมูลที่มีคุณสมบัติคงที่แล้ว จึงจะสามารถทำการค้นหาชุดพารามิเตอร์ (parameter) ที่เหมาะสมที่สุดกับข้อมูลอนุกรมเวลา โดยชุดพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ประกอบด้วย p,d,q พารามิเตอร์ทั้งสามตัวนี้สามารถพิจารณาเลือกด้วยฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation Function - ACF) ฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Function - PACF) และจำนวนครั้งที่หาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาจนทำให้ข้อมูลมีคุณสมบัติคงที่ ดังนั้นเพื่อเป็นการหาตัวแบบพร้อมด้วยชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปพยากรณ์สามารถใช้วิธีการทางสถิติในการตัดสินใจได้ ด้วยค่าทางสถิติเอไอซี (Akaike Information Criterion - AIC) เป็นเกณฑ์ กล่าวคือ ตัวแบบอนุกรมเวลาใดให้ค่าเอไอซี (AIC) น้อยสุดจะหมายถึงตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมด้วยชุดพารามิเตอร์นั้นเหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์กับชุดข้อมูลดังกล่าว

เนื่องจากตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมานี้เกิดจากการรวบกันของเทคนิคที่ใช้สำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาสามเทคนิคที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งจะทำให้การอธิบายเพิ่มเติม ดังต่อไปนี้

### (1) ตัวแบบการถดถอยในตนเอง (Autoregressive - AR)

ตัวแบบการถดถอยในตนเองจะหมายถึงข้อมูลที่ต้องการพยากรณ์นั้นขึ้นอยู่กับข้อมูลของตัวเองในอดีต หรือ สามารถอธิบายอีกนัยได้ว่า ข้อมูลที่ต้องการพยากรณ์นั้นมีความสัมพันธ์กับข้อมูลตัวเองในอดีต โดยตัวแบบการถดถอยในตนเองจะมีค่าพารามิเตอร์ (parameter) ของตัวเองแทนด้วย  $p$  ในตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา สามารถหาค่าพารามิเตอร์  $p$  ได้โดยฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์บางส่วน (Partial Autocorrelation Function - PACF) ซึ่งตัวแบบการถดถอยในตนเองมีรูปแบบสมการดังนี้

$$Y_t = \delta + \sum_{i=1}^p \phi_i \times Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

โดยที่  $Y_t$  แทนค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาที่คาดการณ์หรือพยากรณ์

$Y_{t-i}$  แทนค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนหน้าเป็นเวลา  $t-i$

$\delta$  แทนค่าคงที่

$\phi_i$  แทนค่าของ Non-Seasonal Autoregressive

$p$  แทนค่าอันดับ (order) ของ Autoregressive

$\varepsilon_t$  แทนค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มที่เวลา  $t$

### (2) ตัวแบบการผสม (Integrated - I)

เนื่องจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมานั้นต้องเป็นชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ดังนั้นหากข้อมูลไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-Stationary) สามารถแก้ไขให้เป็นข้อมูลที่มีคุณสมบัติคงที่ได้ด้วยการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลา (Differencing) เพื่อให้ข้อมูลมีคุณสมบัติคงที่ ซึ่งจำนวนครั้งของการผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาจะส่งผลถึงค่าพารามิเตอร์ (parameter)  $d$  ของตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

ข้อมูลอนุกรมเวลาแทนด้วย  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_t$

- ถ้า  $d = 0$  หมายถึงข้อมูลยังไม่มีผลการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลา แสดงว่าข้อมูลมีคุณสมบัติคงที่อยู่แล้ว

- ถ้า  $d = 1$  หมายถึงข้อมูลมีการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลา 1 ครั้ง แสดงว่าข้อมูลยังไม่มีคุณสมบัติคงที่ ทำให้ได้รับข้อมูลอนุกรมเวลาใหม่ดังนี้

ข้อมูลอนุกรมเวลาเดิม  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_t$

ข้อมูลอนุกรมเวลาใหม่  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_t$  โดยที่  $y_t = Y_t - Y_{t-1}$

- ถ้า  $d = 2$  หมายถึงข้อมูลมีการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลา 2 ครั้ง แสดงว่าข้อมูลที่ได้รับการหาผลต่างแล้ว 1 ครั้ง ยังไม่มีคุณสมบัติคงที่ ทำให้ต้องหาผลต่างของข้อมูลอีกครั้ง ซึ่งจะได้รับข้อมูลอนุกรมเวลาใหม่ดังนี้

ข้อมูลอนุกรมเวลาเดิม  $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_t$

ข้อมูลอนุกรมเวลาใหม่  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_t$

โดยที่  $y_t = (Y_t - Y_{t-1}) - (Y_{t-1} - Y_{t-2})$

$$= Y_t - 2Y_{t-1} + Y_{t-2}$$

### (3) ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA)

ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่นี้จะมีลักษณะเดียวกับตัวแบบการถดถอยในตนเอง แตกต่างกันที่ตัวแบบนี้ข้อมูลที่ต้องการพยากรณ์นั้นขึ้นอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อนของตัวเองในอดีต โดยตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่จะมีค่าพารามิเตอร์ (parameter) ของตัวเองแทนด้วย  $q$  ในตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา สามารถหาค่าพารามิเตอร์  $q$  ได้โดยฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation Function - AFC) ซึ่งตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่มีรูปแบบสมการดังนี้

$$Y_t = \delta + \sum_{i=1}^q \theta_i \times \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t$$

โดยที่  $Y_t$  แทนค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาที่คาดการณ์หรือพยากรณ์

$\varepsilon_{t-i}$  แทนค่าความคลาดเคลื่อนก่อนหน้าเป็นเวลา  $t-i$

$\delta$  แทนค่าคงที่

$\theta_i$  แทนค่าของ Non-Seasonal Moving Average

$q$  แทนค่าอันดับ (order) ของ Moving Average

$\varepsilon_t$  แทนค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มที่เวลา  $t$

ตัวแบบการถดถอยในตนเอง (Autoregressive - AR) ค่าอันดับที่ปรับให้มีคุณสมบัติคงที่ (Integrated - I) และ ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) เป็นสามเทคนิคที่ทำงานร่วมกันเกิดเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving

Average - ARIMA ( $p,d,q$ ) ซึ่งค่าอันดับที่ปรับให้มีคุณสมบัติคงที่มีผลต่อลักษณะตัวแบบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 : ARMA ( $p,q$ ) เนื่องจากชุดข้อมูลอนุกรมเวลา  $y_t$  มีค่าอันดับที่ปรับให้มีคุณสมบัติคงที่ ณ ระดับปกติของข้อมูล หรือ  $d = 0$ , I(0) สามารถแสดงสมการได้รูปแบบดังต่อไปนี้

$$Y_t = \delta + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t$$

หรือ

$$y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

กรณีที่ 2 : ARIMA ( $p,d,q$ ) เนื่องจากชุดข้อมูลอนุกรมเวลา  $y_t$  มีค่าอันดับที่ปรับให้มีคุณสมบัติคงที่ ณ ผลต่างอันดับ 1 หรือ 2 โดยในตัวอย่างนี้จะแสดงกรณีที่ผลต่างอันดับเท่ากับ 1 หรือ  $d = 1$ , I(1)

$$Y_t = \delta + \sum_{i=1}^p \phi_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} + \varepsilon_t$$

หรือ

$$y_t = \delta + \phi_1 \Delta Y_{t-1} + \dots + \phi_p \Delta Y_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

โดยที่  $Y_t$  แทนค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาที่พยากรณ์

$Y_{t-i}$  แทนค่าของข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนหน้าที่เวลา  $t-i$

$\delta$  แทนค่าคงที่

$\phi_i$  แทนค่าของ Non-Seasonal Autoregressive

$p$  แทนค่าอันดับ (order) ของ Autoregressive

$\theta_j$  แทนค่าของ Non-Seasonal Moving Average

$q$  แทนค่าอันดับ (order) ของ Moving Average

$\varepsilon_t$  แทนค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มที่เวลา  $t$

$\varepsilon_{t-j}$  แทนค่าความคลาดเคลื่อนสุ่มที่เวลา  $t-j$

### 2.2.3.5 ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S])

ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (SARIMA) พัฒนามาจากตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (ARIMA) ของ Box and Jenkins (1970) โดยพิจารณาความเป็นฤดูกาล (Seasonality) เข้าไปในตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาทำให้ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (SARIMA) ใช้ทั้งสามเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นกระบวนการทำงานเหมือนกับตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ได้แก่ ตัวแบบการถดถอยในตนเอง (Autoregressive - AR) ตัวกลางผสมผสาน (Integrated - I) และ ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) แต่เนื่องจากมีการนำความเป็นฤดูกาลมาพิจารณาร่วมส่งผลให้การค้นหาชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพิ่มมากขึ้นด้วย จากเดิม ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ต้องการเพียงสามพารามิเตอร์ ได้แก่  $p, d, q$  ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ตัวแทนแต่ละเทคนิคแบบไม่มีฤดูกาล (Non-seasonal) ตามลำดับ ส่วนพารามิเตอร์ที่เพิ่มขึ้นมาใหม่ อีกสามพารามิเตอร์ประกอบด้วย  $P, D, Q$  ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ตัวแทนจากแต่ละเทคนิคแบบมีฤดูกาล (Seasonal) ตามลำดับ กล่าวคือ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาลนี้จะนำความเป็นฤดูกาลเข้ามาพิจารณาด้วย โดยการค้นหาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับฤดูกาล ( $P, D, Q$ ) เพิ่มเติม เนื่องจากตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาลได้นำความเป็นฤดูกาลมาเกี่ยวข้อง ดังนั้นการพยากรณ์ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นฤดูกาลจึงจะมีประสิทธิภาพในการพยากรณ์แม่นยำมากขึ้น

### 2.2.3.6 ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA(p,d,q) หรือ FARIMA (p,d,q))

เป็นตัวแบบอนุกรมเวลาที่ถูกพัฒนาต่อจากตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา เช่นกัน ซึ่งในตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมานี้ สามารถแสดงถึงลักษณะของ Long memory ซึ่งหมายถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีข้อมูลจำนวนมากและมีอัตราการเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างช้า ๆ โดยมีค่าพารามิเตอร์  $d$  อยู่ในช่วง  $(0, 0.5)$  และแสดงถึงลักษณะของ Short memory จะมีลักษณะตรงข้ามกับ Long memory กล่าวคือ มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลอนุกรมเวลาอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ โดยมีค่าพารามิเตอร์  $d$  อยู่ในช่วง  $(-0.5, 0)$  โดยสามารถหาค่าพารามิเตอร์  $d$  ได้จากวิธี R/S (Range Over Standard Deviation) Statistics หรือวิธี GPH Test จะทำการหาค่าพารามิเตอร์ผลต่างของตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา  $d$  โดยค่าพารามิเตอร์จะอยู่ในช่วง  $(-0.5, 0.5)$  ค่าพารามิเตอร์  $d$  ของตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมาที่เหมาะสมนั้นสามารถสังเกตได้จากค่าพารามิเตอร์  $d$  ซึ่งจะแบ่งได้เป็นสองกรณี คือ

กรณีที่หนึ่ง ค่าพารามิเตอร์  $d$  อยู่ในช่วง  $(0, 0.5)$  ข้อมูลจะมี long memory และมีคุณสมบัติ

กรณีที่สอง ค่าพารามิเตอร์  $d$  อยู่ในช่วง  $(-0.5, 0]$  ข้อมูลจะมี short memory และมีคุณสมบัติคงที่

ซึ่งข้อแตกต่างของตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมานี้คือค่าพารามิเตอร์  $d$  ที่มีค่าอยู่ในช่วง  $(-0.5, 0.5)$  ส่งผลให้การใช้ตัวแบบนี้กับข้อมูลที่มีจำนวนมากจะส่งผลให้ประสิทธิภาพสูงขึ้น

### 2.2.3.7 ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA $(p,d,q) (P,D,Q) [S]$ )

ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (SFARIMA) เป็นตัวแบบที่รวบรวมการพิจารณาของตัวแบบ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (SARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (FARIMA) เข้าด้วยกัน ดังนั้นพารามิเตอร์ที่ได้รับของตัวแบบอนุกรมเวลานี้ จะได้รับพารามิเตอร์  $p,d,q$  ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ตัวแทนแต่ละเทคนิคแบบไม่มีฤดูกาล (Non-seasonal) ตามลำดับ และพารามิเตอร์  $P,D,Q$  ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ตัวแทนจากแต่ละเทคนิคแบบมีฤดูกาล (Seasonal) ตามลำดับ โดยทั้ง  $d,D$  จะเป็นพารามิเตอร์ที่มีค่าอยู่ในช่วง  $(-0.5, 0.5)$  ตามลักษณะของ Long memory และ Short memory อีกด้วย

### 2.2.4. การพยากรณ์ (Forecasting)

การพยากรณ์ (Forecasting) หมายถึง การประมาณ หรือ การคาดคะเนพยากรณ์ในอนาคตจากข้อมูลในอดีต ปัจจุบัน และ ประสบการณ์ เช่น การพยากรณ์ดินฟ้าอากาศเพื่อการล่าสัตว์และเพาะปลูก และ การพยากรณ์ยอดขายของ 3 ปีข้างหน้า เป็นต้น ปัจจุบันการพยากรณ์ได้ถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจสำหรับการดำเนินชีวิตประจำวันสำหรับแต่ละคน จนถึงการทำเนิกรกิจการในองค์กรต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

#### 2.2.4.1 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative methods)

การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative methods) เป็นการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ (ตัวเลข) ในอดีตเพื่อนำมาพยากรณ์ค่าในอนาคต โดยสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การพยากรณ์ประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 เทคนิคย่อย คือ

#### (1) การพยากรณ์ความสัมพันธ์ (Casual Forecasting)

เป็นเทคนิคที่ใช้ปัจจัยที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่จะพยากรณ์ เช่น ถ้าต้องการพยากรณ์ยอดขาย จะพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างยอดขายกับค่าโฆษณา รายได้ของประชากร สภาพสินค้า ฯลฯ การหาความสัมพันธ์ดังกล่าวจะใช้เทคนิคที่เรียกว่า การวิเคราะห์ความถดถอย และสหสัมพันธ์

## (2) การพยากรณ์อนุกรมเวลา (Time series Forecasting)

เป็นการพยากรณ์ที่ใช้ผู้ที่มีประสบการณ์ ความรู้ ความสามารถ เป็นผู้พยากรณ์ โดยไม่ใช่ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ จึงตรวจสอบความแม่นยำของการพยากรณ์ได้ยากกว่าการพยากรณ์เชิงปริมาณ การพยากรณ์เชิงคุณภาพประกอบด้วย

### 2.2.4.2 การพยากรณ์เชิงคุณภาพ (Qualitative Methods)

การพยากรณ์เชิงปริมาณ (Quantitative methods) เป็นการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ (ตัวเลข) ในอดีตเพื่อนำมาพยากรณ์ค่าในอนาคต โดยสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การพยากรณ์ประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 เทคนิคย่อย คือ

#### (1) การคาดคะเน หรือ ประเมินการ (Judgement)

วิธีนี้มักใช้กับธุรกิจขนาดเล็กที่มีเจ้าของคนเดียวหรือหน่วยงานขนาดเล็กที่หัวหน้ามีอำนาจเต็ม เจ้าของหรือหัวหน้างานจะคาดการณ์ยอดขาย หรือสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยประสบการณ์ที่ทำงานในด้านนั้นๆ มาเป็นระยะเวลาพอสมควร

#### (2) การระดมความคิด (Jury of Executive Operation)

วิธีนี้เป็นการระดมความคิด หรือประชุมกลุ่มผู้บริหารของบริษัท เช่น ประชุมคณะกรรมการบริหาร เพื่อให้ทุกคนออกความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต เช่น ยอดขายปีหน้า จะเป็นเท่าใด ควรพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่หรือไม่ และผลสรุปจะได้เสียงส่วนใหญ่ของการประชุม แต่วิธีนี้จะมีข้อเสียตรงที่อาจเกิดความเอียงเอียง หรือ เกรงใจทำให้ไม่กล้าออกความคิดเห็น ถ้าความคิดเห็นไม่ตรงกับคนอื่น ๆ หรือไม่ตรงกับความคิดเห็นของผู้มีอำนาจมากกว่าหรือผู้ถือหุ้นใหญ่ และมักจะเห็นด้วยกับความคิดเห็นของผู้มีอำนาจหรือผู้ถือหุ้นใหญ่

#### (3) การพยากรณ์ยอดขาย (Sales Force Composite Forecasts)

เป็นการพยากรณ์โดยให้แต่ละฝ่าย เช่น ให้หัวหน้าฝ่ายขายตามภาคต่างๆ ประมาณยอดขาย แล้วนำมารวมกันทุกภาคกลายเป็นค่าพยากรณ์ยอดขายรวมของบริษัท หรือให้ตัวแทนขายแต่ละคนประมาณยอดขายของตนเองแล้วนำมารวมกันเป็นยอดขายรวมของบริษัท การพยากรณ์ยอดขายโดยวิธีนี้ค่อนข้างจะแม่นยำ เนื่องจากตัวแทนขายแต่ละคน/หน่วยจะใกล้ชิดกับลูกค้า/ตลาดมาก ทำให้คาดคะเนได้ถูกต้อง

#### (4) การพยากรณ์โดยการสำรวจตลาด ( Survey of Expectations and Anticipations)

เป็นการพยากรณ์ยอดขายโดยทำการสำรวจลูกค้าหรือผู้ที่คาดว่าจะเป็ลูกค้าเพื่อตรวจสอบว่าในอนาคตลูกค้าต้องการสินค้าอะไรบ้าง จำนวนเท่าใด ด้วยการทำวิจัยตลาด ซึ่งอาจใช้การสัมภาษณ์ตัวต่อตัว โทรศัพท์ หรือ จดหมาย เป็นต้น

#### (5) การพยากรณ์ด้วยเทคนิคเดลไฟ (Delphi)

เทคนิคเดลไฟเป็นเทคนิคที่แก้ข้อเสียของวิธีระดมความคิด ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเอนเอียง หรือคล้อยตามผู้อื่น เทคนิคเดลไฟ จึงแก้ปัญหาโดยการไม่ให้ผู้บริหารพบปะกัน หรือมาประชุมกัน หรือระดมความคิดเห็นกันซึ่งๆหน้า แต่จะส่งคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการพยากรณ์ให้ผู้บริหารทุกคนเขียนตอบมา พร้อมทั้งระบุเหตุผล เช่น ยอดขายปีหน้าควรเป็นเท่าใด ควรออกผลิตภัณฑ์ใหม่หรือไม่ เพราะเหตุใด ดังนั้น โดยวิธีนี้จะได้ความคิดเห็นของทุกคน และไม่มี การชี้นำ เมื่อได้คำตอบจากทุกคนแล้วให้นำมารวมกัน ซึ่งมักจะพบว่าจะมีความคิดเห็นที่แตกต่างกันออกไป ผู้รวบรวมจะต้องสรุป แล้วส่งกลับไปให้ผู้บริหารทุกคนเป็นรอบที่ 2 เพื่อให้แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนได้ข้อสรุปเป็นหนึ่งเดียว

#### 2.2.5. การเทียบสมรรถนะ (Performance Comparing)

ค่าสถิติที่นิยมใช้ในการวัดสมรรถนะหรือความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบอนุกรมเวลามืออยู่ด้วยกันหลายค่า ได้แก่ ค่าเบี่ยงเบนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Deviation - MAD) จะทำการวัดค่าความแม่นยำจากค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Mean Square Error - MSE) วัดความแม่นยำจากค่าเฉลี่ยผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE) มีกระบวนการวัดเหมือนกับค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยแต่จะใช้ค่ารากที่สองเข้ามาช่วยในการคำนวณ ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean Percentage Error - MPE) จะวัดความแม่นยำจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริงของข้อมูล และ ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error - MAPE) จะวัดความแม่นยำจากค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับค่าจริงของข้อมูลเหมือนกับการหาร้อยละความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย แตกต่างกันที่การวัดความแม่นยำวิธีนี้จะใช้ค่าสัมบูรณ์เข้ามาช่วยพิจารณาความแม่นยำด้วย การวัดค่าสถิติที่กล่าวมาข้างต้นมีจุดประสงค์เพื่อวัดสมรรถนะซึ่งในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปยังความแม่นยำในการพยากรณ์แบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง โดยเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์การพยากรณ์กับชุดข้อมูลทดสอบ (Testing set) ที่เตรียมไว้

## บทที่ 3

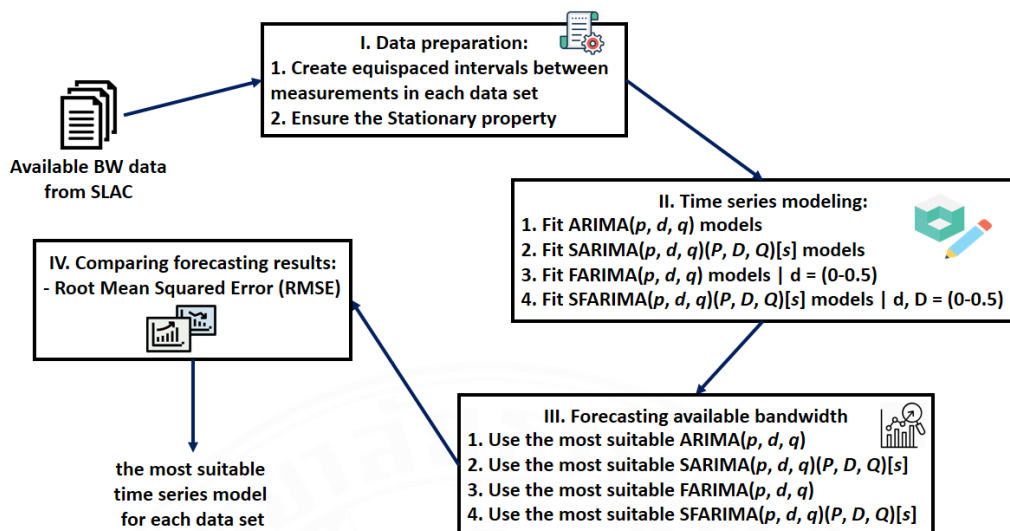
### วิธีการวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึง วิธีการดำเนินงานของระบบการสร้างตัวแบบและการพยากรณ์แบบด์วิตท์ที่พร้อมใช้งานในข่ายงานบริเวณกว้าง ซึ่งจะประกอบไปด้วย ภาพรวมของระบบ สมมติฐานการทดลอง ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าแบบด์วิตท์ที่พร้อมใช้งาน โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบการสร้างตัวแบบและการพยากรณ์แบบด์วิตท์ที่พร้อมใช้งานในข่ายงานบริเวณกว้าง โดยระบบมีเป้าหมายหลัก กล่าวคือ ศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา (Time series models) ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลแบบด์วิตท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth) ใช้ตัวแบบที่สร้างขึ้นเพื่อพยากรณ์ค่าแบบด์วิตท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง และ ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของตัวแบบในการพยากรณ์ค่าแบบด์วิตท์ที่พร้อมใช้งาน

ตัวแบบอนุกรมเวลาประเภทต่าง ๆ ได้แก่ ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย (Simple Moving Average) ตัวแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก (Weighted Moving Average) ตัวแบบการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง (Exponential Smoothing) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) ซึ่งได้อภิปรายโดยสังเขปในบทที่ 2 แล้ว ผู้วิจัยมุ่งเน้นศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (ARIMA) อาร์มีมาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มีมา (FARIMA) และ ฟาร์มีมาแบบฤดูกาล (SFARIMA)



ภาพที่ 3.1 แสดงภาพรวมของระบบการสร้างตัวแบบและการพยากรณ์แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในข่ายงานบริเวณกว้าง

จากภาพที่ 3.1 จะแสดงให้เห็นถึงภาพรวมการทำงานของระบบ ซึ่งมีการแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

ขั้นตอนการจัดการข้อมูล กล่าวคือ การนำข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานมาตรวจสอบคุณลักษณะที่สำคัญสำหรับการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา โดยคุณลักษณะที่สำคัญของชุดข้อมูลอนุกรมเวลาจะแบ่งออกเป็น 2 คุณลักษณะ คือ ชุดข้อมูลต้องมีการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานที่คาบเวลาเท่า ๆ กันหรือใกล้เคียงกัน และ ชุดข้อมูลมีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) หากชุดข้อมูลอนุกรมเวลามีการวัดค่าที่คาบเวลาไม่เท่ากันหรือไม่สม่ำเสมอ ในขั้นตอนนี้จะช่วยจัดการแบ่งชุดข้อมูลอนุกรมเวลาออกเป็นชุดย่อย ๆ ตามการวัดค่าที่คาบเวลาเท่า ๆ กัน หลังจากนั้นจึงตรวจสอบชุดข้อมูลอนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ซึ่งสามารถตรวจสอบได้หลายวิธี เช่น การลงจุด (plot) การใช้ค่าทางคณิตศาสตร์ และการใช้สมการทางคณิตศาสตร์เอ็ดไอเอฟ (Augmented Dickey–Fuller test - ADF) เป็นต้น เมื่อตรวจสอบชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแล้วพบว่าชุดข้อมูลไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-Stationary) สามารถแก้ไขชุดข้อมูลอนุกรมเวลาให้มีคุณสมบัติคงที่ได้ โดยการหาผลต่างระหว่างช่วงเวลา (Differencing) หลักจากสำเร็จจากขั้นตอนการจัดการข้อมูลแล้ว ผลที่ได้รับคือ ชุดข้อมูลที่มีคุณลักษณะที่สำคัญสำหรับการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา กล่าวคือ เป็นชุดข้อมูลอนุกรมที่มีการวัดค่าที่คาบเวลาเท่า ๆ กัน และมีคุณสมบัติคงที่พร้อมสำหรับการนำไปสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา จะแสดงถึงการนำข้อมูลอนุกรมเวลาที่ตรวจสอบคุณลักษณะสำคัญสำหรับการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาในขั้นตอนที่แล้ว มาสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ประเภทที่ผู้วิจัยมุ่งเน้นศึกษา คือ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) อาร์มาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาร์มา (FARIMA) และฟาร์มาแบบฤดูกาล (SFARIMA) ซึ่งตัวแบบทั้ง 4 ประเภทนี้จะมีพื้นฐานการสร้างตัวแบบที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งพื้นฐานการสร้างตัวแบบดังกล่าวเกิดจากสามเทคนิคหลัก คือ เทคนิคการสร้างตัวแบบแบบการถดถอยในตัวเอง (Autoregressive - AR) เทคนิคการผสาน (Integrated - I) และ เทคนิคการสร้างตัวแบบแบบค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average - MA) โดยทั้งสามเทคนิคนี้จะช่วยค้นหาชุดพารามิเตอร์  $p, d, q$  และ  $P, D, Q$  หลังจากทีนำชุดข้อมูลอนุกรมเวลา มาสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาแล้ว ผลที่ได้รับคือ ตัวแบบอนุกรมเวลาทั้งสี่ประเภทพร้อมด้วยชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด โดยใช้ค่าสถิติเอไอซี (Akaike Information Criterion - AIC) เป็นเกณฑ์สำหรับเปรียบเทียบชุดพารามิเตอร์ กล่าวคือ ค่าสถิติเอไอซีที่น้อยกว่าจะหมายความว่าชุดพารามิเตอร์มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลมากกว่า

ขั้นตอนการพยากรณ์ กล่าวคือ จะนำตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมด้วยชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งเป็นผลลัพธ์จากขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ประเภท และชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานที่ต้องการ เข้าสู่กระบวนการการพยากรณ์ โดยใช้ 70 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์เป็นตัวสร้างตัวแบบสำหรับพยากรณ์ ส่วนข้อมูลอีก 30 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือจะนำไปใช้ในการทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ในขั้นตอนถัดไป

ขั้นตอนสุดท้ายเป็นขั้นตอนการวัดสมรรถนะหรือความแม่นยำในการพยากรณ์ ซึ่งจากขั้นตอนที่แล้วจะได้ผลการพยากรณ์ข้อมูลจากตัวแบบอนุกรมเวลาต่าง ๆ หลังจากนั้นนำผลที่ได้จากการพยากรณ์ข้อมูลมาเปรียบเทียบสมรรถนะกับชุดข้อมูล 30 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือไว้สำหรับทดสอบความแม่นยำ ซึ่งเครื่องมือชี้วัดประสิทธิภาพความแม่นยำที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE) โดยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยหากมีค่าน้อยจะหมายถึงผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย (ความแม่นยำสูง) แสดงว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีคุณภาพดีและเหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์กับข้อมูลปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth)

### 3.2 ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน

ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นชุดข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่เผยแพร่โดยสแล็ก (Stanford Linear Accelerator Center - SLAC)<sup>4</sup> ซึ่งชุดข้อมูลที่ได้รับมาจะเป็นชุดข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series data) ของค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) มีข้อมูลสำคัญสำหรับการนำมาคาดการณ์หรือพยากรณ์ ได้แก่ วันที่ เวลาและค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน ผู้วิจัยได้รับข้อมูลอนุกรมเวลาสองช่วงเวลา คือ ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 โดยข้อมูลในปี ค.ศ. 2004 จะทำการวัดจากเครื่องต้นทาง คือ IEPM-BW @ SLAC.STANFORD.EDU ไปยังเครื่องปลายทางทั้งหมด 34 เส้นทาง 34 ชุดข้อมูล ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 3.1 ส่วนข้อมูลในปี ค.ศ. 2009 จะทำการวัดจากเครื่องต้นทาง IEPM-BW @ SLAC.STANFORD.EDU ไปยังเครื่องปลายทางทั้งหมด 7 เส้นทาง แสดงในตารางที่ 3.2 ซึ่งแต่ละเส้นทางมี 14 ชุดข้อมูล รวมเป็น 98 ชุดข้อมูล ดังนั้นชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดลองทั้งหมดรวมเป็น 132 ชุดข้อมูล

#### ตารางที่ 3.1

*เครื่องปลายทางทั้งหมด 34 เส้นทางที่ทำการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004*

ลำดับที่	เครื่องปลายทาง (Destination Node)
1	node1.binp.nsk.su
2	node1.cacr.caltech.edu
3	node1.cesnet.cz
4	node1.desy.de
5	node1.dl.ac.uk
6	node1.ece.rice.edu
7	node1.fnal.gov
8	node1.fzk.de

<sup>4</sup> <http://www.slac.stanford.edu>

## ตารางที่ 3.1

เครื่องปลายทางทั้งหมด 34 เส้นทางที่ทำการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานช่วงปลายเดือนมิถุนายน จนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 (ต่อ)

ลำดับที่	เครื่องปลายทาง (Destination Node)
9	node1.in2p3.fr
10	node1.indiana.edu
11	node1.internet2.edu
12	node1.jp.apan.net
13	node1.kek.jp
14	node1.lbl.gov
15	node1.lsa.umich.edu
16	node1.mcs.anl.gov
17	node1.mib.infn.it
18	node1.niit.pk
19	node1.nikhef.nl
20	node1.nslabs.ufl.edu
21	node1.pd.infn.it
22	node1.riken.go.jp
23	node1.sdsc.edu
24	node1.sox.i2.edu
25	node1.stanford.edu
26	node1.switch.ch
27	node1.triumf.ca
28	node1.uiuc.edu
29	node1.utdallas.edu
30	node2.ccs.ornl.gov
31	node2.cern.ch
32	node2.gsfc.nasa.gov
33	node2.nersc.gov
34	node2.nslabs.ufl.edu

### ตารางที่ 3.2

เครื่องปลายทางทั้งหมด 7 เส้นทางที่ทำการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009

ลำดับที่	เครื่องปลายทาง (Destination Node)
1	iepm-bw.caltech.ul-org
2	iepm-bw.cern.ch
3	node1.desy.de
4	node1.sdsc.edu
5	node1.triumf.ca
6	node1.utoronto.ca
7	node7.slac.stanford.edu

### 3.3 โครงสร้างและขั้นตอนการทำงานของระบบ

จากภาพรวมการทำงานของระบบแสดงให้เห็นว่าระบบแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นสี่ขั้นตอนหลัก ได้แก่ ขั้นตอนการจัดการข้อมูล ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา ขั้นตอนการพยากรณ์ และ ขั้นตอนเปรียบเทียบสมรรถนะในการพยากรณ์ ซึ่งได้อธิบายไว้พอสังเขปในช่วงต้น ในส่วนนี้จะอภิปรายแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด ดังนี้

#### 3.3.1 ขั้นตอนการจัดการข้อมูล (Data Preparation)

ขั้นตอนการจัดการข้อมูลเป็นขั้นตอนแรกและมีความสำคัญที่สุดก่อนนำชุดข้อมูลไปสร้างตัวแบบตามสมมติฐานการทดลอง โดยชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้สร้างตัวแบบจะต้องมีคุณลักษณะที่สำคัญ 2 คุณลักษณะ ดังนี้

(1) ความเท่ากันของคาบเวลาในการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน กล่าวคือ ภายในชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุด ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานของแต่ละเส้นทาง จะต้องถูกวัดที่คาบเวลาที่เท่ากัน หรือ มีความใกล้เคียงกัน เช่น มีการวัดแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานทุก ๆ 30 นาที, ทุก ๆ 1 ชั่วโมง, ทุก ๆ 1 วัน, ทุก ๆ 1 สัปดาห์, ทุก ๆ 1 เดือน หรือ ทุก ๆ 1 ปี เป็นต้น

(2) คุณสมบัติคงที่ (Stationarity) กล่าวคือ การตรวจสอบการเคลื่อนไหวของชุดข้อมูลอนุกรมเวลาต้องมีคุณสมบัติคงที่ หมายความว่า เป็นชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย หรือค่า

ความคาดหวัง (Mean หรือ Expected Value) ค่าความแปรปรวน (Variance) และลักษณะของสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelations) ของข้อมูลต้องมีความคงที่ ซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับเวลาแต่จะขึ้นอยู่กับระยะหรือช่วงห่างของช่วงเวลา (Distance or Lag) หารูป เมื่อชุดข้อมูลอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ย ค่าความคาดหวังแปรปรวนคงที่แล้วจะส่งผลให้ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม (Trend) และฤดูกาล (Seasonal)

ชุดข้อมูลที่น่าไปพยากรณ์เป็นข้อมูลที่มีลักษณะไม่เหมาะสมจะส่งผลในเชิงลบต่อผลลัพธ์การพยากรณ์ได้ แต่หากข้อมูลที่ใช้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมจะส่งผลให้การทายนั้นมีประสิทธิภาพไปด้วย ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะแสดงให้เห็นถึงวิธีการเตรียมข้อมูลที่เหมาะสมและสามารถนำไปพยากรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 3.3.1.1 ตรวจสอบข้อมูล (Examine data)

คุณสมบัติของข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series) ที่เหมาะกับการพยากรณ์ทางอนุกรมเวลา (Time series modeling) คือ ข้อมูลจำเป็นต้องมีช่วงระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเท่า ๆ กัน เช่น ทุก ๆ 1 ชั่วโมง, ทุก ๆ 1 วัน, ทุก ๆ 1 สัปดาห์, ทุก ๆ 1 เดือน หรือ ทุก ๆ 1 ปี เป็นต้น หากข้อมูลมีช่วงระยะเวลาในการเก็บข้อมูลไม่เท่ากันนั้น จำเป็นต้องแบ่งข้อมูลออกเป็นชุด ที่มีช่วงระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน เมื่อได้ชุดข้อมูลที่มีช่วงระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเท่ากันแล้ว มีอีกคุณสมบัติที่ควรมีก่อนนำข้อมูลนั้นไปพยากรณ์ คือ ข้อมูลควรมีความคงที่ (Stationarity) หมายถึงข้อมูลที่จะนำมาพยากรณ์นั้นไม่ควรมียุทธศาสตร์ข้อมูลเป็นแนวโน้ม (Trend) และฤดูกาล (Seasonal) ซึ่งหากข้อมูลมีลักษณะที่เป็นแนวโน้มและฤดูกาล หรือเรียกได้ว่าข้อมูลไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-seasonal) แล้วสามารถแก้ไขได้โดยการดำเนินการหาผลต่างระหว่างช่วงเวลา (Differencing)

ปัญหาของชุดข้อมูลที่ได้รับคือมีการแบ่งช่วงเวลาในการเก็บค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในคาบเวลาที่ไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นหนึ่งปัจจัยที่จะส่งผลต่อการคาดการณ์หรือพยากรณ์ให้ได้ผลลัพธ์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องแบ่งย่อยชุดข้อมูลให้ได้ช่วงเวลาเท่ากัน

### 3.3.1.2 แบ่งย่อยข้อมูล (Decompose data)

จากปัญหาของชุดข้อมูลที่มีการแบ่งช่วงเวลาในการเก็บค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในคาบเวลาที่ไม่เท่ากัน ทำให้ขั้นตอนการแบ่งย่อยข้อมูลเพื่อให้ได้ช่วงของเวลาในการเก็บข้อมูลเท่ากันทั้งชุดข้อมูล ซึ่งหลังจากที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจชุดข้อมูลแล้ว ทำให้ทราบได้ว่าการแบ่งชุดข้อมูลนั้นควรจะขึ้นอยู่กับข้อมูลภายในชุดข้อมูล ดังนั้นเพื่อให้ได้ใช้ทรัพยากรข้อมูลที่คุ้มค่า

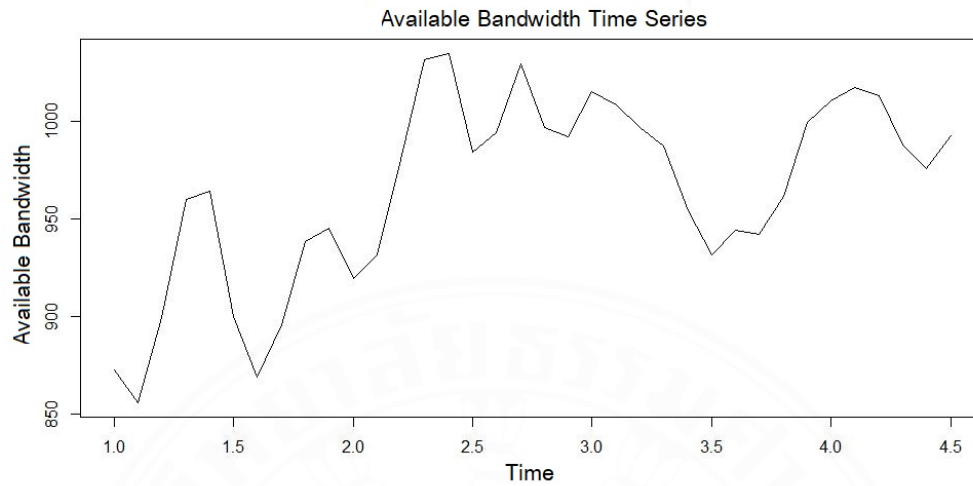
ที่สุด ควรจะแบ่งช่วงของเวลาให้ละเอียดที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยชุดข้อมูลที่ได้รับมาทั้งหมดนั้น สามารถแบ่งช่วงเวลาออกเป็นได้สองลักษณะ ดังนี้

- (1) แบ่งเป็นชุดข้อมูลที่มีช่วงเวลาเท่า ๆ กันทุก 30 นาที มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่  $\pm 5$  นาที
- (2) แบ่งเป็นชุดข้อมูลที่มีช่วงเวลาเท่า ๆ กันทุก 1 ชั่วโมง มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่  $\pm 10$  นาที

เนื่องจากชุดข้อมูลมีช่วงของเวลาไม่คงที่ซึ่งสามารถคลาดเคลื่อนได้ 1-2 นาที เพื่อเป็นการยืดหยุ่นให้ได้ข้อมูลที่มีความต่อเนื่องกันมากขึ้นจึงได้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนให้กับการแบ่งช่วงเวลาด้วย ดังนั้นผลจากการแบ่งย่อยข้อมูลนั้นจะได้รับชุดข้อมูลที่มากขึ้น ซึ่งในแต่ละชุดอาจจะมีจำนวนข้อมูลภายในชุดนั้นน้อยลงแต่แลกกับการที่จะได้รับชุดข้อมูลที่ดีขึ้นโดยมีช่วงเวลาของข้อมูลที่เท่ากันทั้งชุดข้อมูล

ในขั้นเตรียมข้อมูลผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นถึงลักษณะที่เหมาะสมรวมถึงปัญหาของชุดข้อมูลแล้ว ซึ่งคุณสมบัติที่เหมาะสมของข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series) ประการแรกคือ มีการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่เท่า ๆ กันทั้งชุดข้อมูล ในปัญหาการเก็บข้อมูลมีช่วงเวลาไม่เท่ากันผู้วิจัยได้อธิบายวิธีการแก้ไขแล้วอยู่ในขั้นตอนการแบ่งย่อยข้อมูล ส่วนอีกคุณสมบัติคือ ชุดข้อมูลต้องมีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ดังนั้นต้องตรวจสอบข้อมูลว่ามีคุณสมบัติคงที่หรือไม่ ก่อนที่จะนำข้อมูลไปค้นหาตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อพยากรณ์ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้การตรวจสอบคุณสมบัติคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยการทดสอบเอดีเอฟ (Augmented Dickey-Fuller test หรือ ADF) เนื่องจากชุดข้อมูลที่ผู้วิจัยทำการทดลองมีจำนวนมากเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการตรวจสอบคุณสมบัติคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่งสามารถทำได้โดยนำชุดข้อมูลไปตรวจสอบด้วยการทดสอบเอดีเอฟ

หลังจากนั้นสังเกตค่าพี (p-value) ว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ โดยค่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ในงานวิจัยนี้เท่ากับ 0.05 หากค่าพีมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ จะหมายถึง ชุดข้อมูลอนุกรมเวลายังไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) สามารถแก้ไขได้โดยทำการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลา (Differencing) 1 ครั้งและนำข้อมูลที่ได้ทำการหาผลต่างเรียบร้อยแล้วไปตรวจสอบด้วยการทดสอบเอดีเอฟอีกครั้งหากผลของค่าพียังมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ ให้ทำการหาผลต่างซ้ำและทดสอบอีกครั้ง จนค่าพีมีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญแล้วจะหมายถึงข้อมูลอนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่พร้อมที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนถัดไปได้



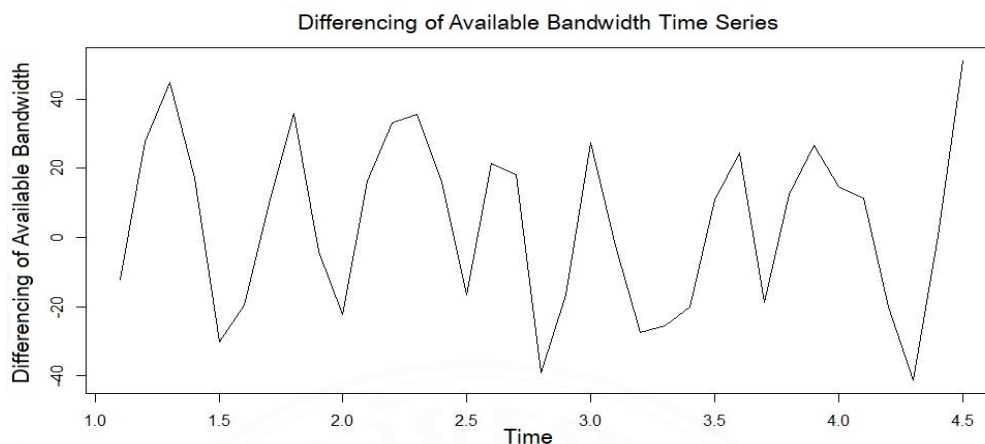
ภาพที่ 3.2 แสดงชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-seasonal)

#### Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: pathchirp_ma
Dickey-Fuller = -1.8745, Lag order = 3, p-value = 0.622
alternative hypothesis: stationary
```

ภาพที่ 3.3 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่ยังมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ

ภาพที่ 3.3 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่ยังมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ พร้อมทั้งแสดงให้เห็นถึงข้อมูลที่ไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-seasonal) ในภาพที่ 3.2 ส่วนภาพที่ 3.5 แสดงค่าพีที่น้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญพร้อมข้อมูลที่มีคุณสมบัติคงที่ (Seasonal) ภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.5 แสดงชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบมีคุณสมบัติคงที่ (Seasonal)

```

Augmented Dickey-Fuller Test
data: pathchirp_d1
Dickey-Fuller = -5.1298, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

```

ภาพที่ 3.4 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ

### 3.3.2 ขั้นตอนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา (Time series modeling)

ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้ในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลามีหลายตัวแบบซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA (p,d,q)) เป็นตัวแบบอนุกรมเวลาพื้นฐาน นอกจากนี้ยังมีการเลือกตัวแบบอนุกรมเวลาอื่นที่มีพื้นฐานแบบเดียวกับตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา แต่มีการนำองค์ประกอบอื่น ๆ มาร่วมในการพิจารณากับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นมา นั่นคือ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]) เป็นตัวแบบที่นำความเป็นฤดูกาลเข้ามาร่วมพิจารณาด้วย ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA(p,d,q) หรือ FARIMA (p,d,q)) เป็นตัวแบบที่ยอมรับค่าพารามิเตอร์  $d$  ในรูปแบบจำนวนจริง และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]) โดยในตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมาแบบฤดูกาล (SFARIMA) เป็นตัวแบบที่ใช้การจัดการข้อมูลและใช้ตัวแบบฟาร์มีมา (ARFIMA หรือ FARIMA) ในการสร้างตัวแบบแทนซึ่งเรียกวิธีนี้ว่า ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมาแบบย้อนกลับ (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) -

ARFIMA(p,d,q) หรือ FARIMA (p,d,q) ทั้งสี่เทคนิคมีเป้าหมายเดียวกันคือการค้นหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับชุดข้อมูลอนุกรมเวลาให้มากที่สุดเพื่อที่จะทำให้การพยากรณ์นั้นเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

### 3.3.2.1 สร้างตัวแบบอนุกรมเวลา (Time series modeling)

ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะทำการใส่ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series) ลงไปยังแบบจำลองทั้งสี่แบบจำลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ (parameter) ที่ดีที่สุดของทั้งสี่ตัวแบบพร้อมค่าทางสถิติที่เรียกว่า ค่าสถิติเอไอซี (Akaike Information Criterion - AIC) เป็นเกณฑ์สำหรับเปรียบเทียบชุดพารามิเตอร์ ซึ่งค่าค่าสถิติเอไอซีต่ำที่สุดจะเป็นตัวบ่งบอกว่าค่าพารามิเตอร์หรือค่า  $p,d,q$  หรือ  $P,D,Q$  ที่เลือกมานั้นชุดพารามิเตอร์ของตัวแบบนั้นที่สามารถอธิบายข้อมูลอนุกรมเวลาได้ดีและเหมาะสมที่สุด

ผู้วิจัยทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลา โดยพัฒนาจากโปรแกรมสำเร็จรูป R-Studio ซึ่งภายในโปรแกรมนี้จะมีคลัง (Library) สำหรับการหาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดของชุดข้อมูลอนุกรมเวลาของทั้ง 4 ตัวแบบที่ผู้วิจัยได้เลือกเพื่อมาทำการทดลองหาว่าตัวแบบใดเหมาะสมที่สุด โดยทั้ง 4 ตัวแบบมีดังนี้

#### (1) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA (p,d,q))

ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (ARIMA) จะทำการค้นหาชุดพารามิเตอร์  $p,d,q$  โดยชุดพารามิเตอร์ทั้งสามตัวนี้สามารถพิจารณาเลือกด้วยฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์ (Autocorrelation Function - ACF) ฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์ส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Function - PACF) และจำนวนครั้งที่หาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาจนทำให้ข้อมูลมีคุณสมบัติคงที่ตามลำดับ หลังจากนั้นผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้เป็นคือ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาและค่าพารามิเตอร์ (ARIMA (p,d,q)) ที่เหมาะสมพร้อมบอกค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ของแต่ละตัวแบบ

#### (2) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S])

ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (SARIMA) จะทำการค้นหาชุดพารามิเตอร์  $p,d,q$  และ  $P,D,Q$  เพิ่มเติมเพื่อเป็นพารามิเตอร์ตัวแทนจากแต่ละเทคนิคแบบมีฤดูกาล (Seasonal) โดยชุดพารามิเตอร์ทั้งสามตัวนี้สามารถพิจารณาเลือกด้วยฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์ (Autocorrelation Function - ACF) ฟังก์ชันอัตโนมัติสัมพันธ์ส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Function - PACF) และจำนวนครั้งที่หาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาจนทำให้ข้อมูลมีคุณสมบัติคงที่ตามลำดับ

### (3) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA(p,d,q) หรือ FARIMA (p,d,q))

ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (FARIMA) หรือเรียกอีกแบบว่า ตัวแบบความคล้ายตนเอง (Self-Similar Model) (Karagiannis, Molle, & Faloutsos, 2004) จะทำการค้นหาชุดพารามิเตอร์  $p, d, q$  แต่มีข้อแตกต่างโดยการหาค่าพารามิเตอร์  $d$  จะอยู่ในช่วง  $(-0.5, 0.5)$  เพื่อบ่งบอกลักษณะ Long memory และ ลักษณะของ Short memory ซึ่งสามารถหาค่าพารามิเตอร์  $d$  ได้จากวิธี R/S (Range Over Standard Deviation) Statistics หรือวิธี GPH Test จะทำการหาค่าพารามิเตอร์ ผลต่างของตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา ค่าพารามิเตอร์  $d$  ของตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมาที่เหมาะสมนั้นสามารถสังเกตได้จากค่าพารามิเตอร์  $d$  ซึ่งจะแบ่งได้เป็นสองกรณี คือ

กรณีที่หนึ่ง ค่าพารามิเตอร์  $d$  อยู่ในช่วง  $(0, 0.5)$  ข้อมูลจะมี long memory และมีคุณสมบัติคงที่

กรณีที่สอง ค่าพารามิเตอร์  $d$  อยู่ในช่วง  $(-0.5, 0]$  ข้อมูลจะมี short memory และมีคุณสมบัติคงที่

### (4) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S])

ตัวแบบอนุกรมเวลานี้จะใช้วิธีการตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมาแบบย้อนกลับ (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - ARFIMA(p,d,q) หรือ FARIMA (p,d,q)) (Liu, Chen, และ Zhang, 2017) (Montanari, Rosso, และ Taqqu, 2000) แทนโดยแบ่งการทำงานเป็นสองส่วน โดยเริ่มจากการจัดการกับข้อมูลก่อนโดยการนำเรื่องความเป็นฤดูกาลของข้อมูลออก (Deseasonal) หลังจากนั้นจึงใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (ARFIMA หรือ FARIMA) ในการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา โดยชุดพารามิเตอร์ทั้งสามตัวนี้สามารถพิจารณาเลือก พารามิเตอร์  $p$  และ  $q$  ด้วยฟังก์ชันอัตโนมัติสหสัมพันธ์ (Autocorrelation Function - ACF) ส่วนพารามิเตอร์  $d$  นั้นจะอยู่ในช่วง  $(-0.5, 0.5)$  เพื่อบ่งบอก ลักษณะ Long memory และ ลักษณะของ Short memory ซึ่งสามารถหาค่าพารามิเตอร์  $d$  ได้จากวิธี R/S (Range Over Standard Deviation) Statistics หรือวิธี GPH Test

#### 3.3.2.2 ประเมินและทดสอบซ้ำ (Evaluate and iterate)

ส่วนของการประเมินผู้วิจัยจะวิเคราะห์ผลลัพธ์ของตัวแบบและค่าพารามิเตอร์ (parameter) ที่ได้จากตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ิมา (ARIMA) อาร์ิมาแบบฤดูกาล (SARIMA) ฟาริมา (FARIMA) และฟาริมาแบบฤดูกาล (SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมาแบบย้อนกลับ (FARIMA - Reverse) เนื่องจากผู้วิจัยสามารถหาค่าพารามิเตอร์ได้เองในขั้นตอนหา

ค่าอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelations) เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าหากปรับเปลี่ยนใช้ค่าพารามิเตอร์ที่หาได้จากฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation Function - AFC) และ ฟังก์ชันอัตสหสัมพันธ์ส่วนย่อย (Partial Autocorrelation Function - PACF) จะช่วยให้ได้ตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมด้วยชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาเพิ่มขึ้นหรือไม่ โดยทดสอบซ้ำอีกครั้งเพื่อหาค่าเอไอซี (AIC) นำมาเปรียบเทียบกับระหว่างตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อหาตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมด้วยชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์มากที่สุด

ในขั้นตอนนี้จะได้ผลลัพธ์เป็นตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมด้วยชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของทั้งสี่ตัวแบบ พร้อมใช้ค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) เพื่อเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจเลือกตัวแบบอนุกรมเวลานั้นนำไปพยากรณ์ต่อขั้นตอนถัดไป

### 3.3.3 ขั้นตอนการพยากรณ์ (Forecasting)

หลังจากที่ได้ตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมด้วยค่าพารามิเตอร์ (parameter) ที่เหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุดแล้ว ผู้วิจัยจะเริ่มใช้ฟังก์ชันการพยากรณ์ (Forecasting) โดยใส่ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาและตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมด้วยค่าพารามิเตอร์ที่ได้เพื่อพยากรณ์ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ในอนาคต 10 ช่วงเวลา ซึ่ง 10 ช่วงเวลาจะเท่ากับ 5 ชั่วโมง หรือ 10 ชั่วโมงนั้น ขึ้นอยู่กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่นำมาพยากรณ์ในตอนแรกนั้นมีการแบ่งช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลที่ 30 นาที หรือ 1 ชั่วโมง โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะนำแต่ละชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานสำหรับการพยากรณ์มาแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน 70 เปอร์เซ็นต์จากข้อมูลทั้งหมด เพื่อใช้สำหรับสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาและพยากรณ์ (Training set) และส่วนที่สองเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน 30 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือ เพื่อใช้สำหรับทดสอบสมรรถนะหรือความแม่นยำในการพยากรณ์ (Testing set) ผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์จะแสดงในลักษณะกราฟเส้น เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ผู้วิจัยจึงทำการเปรียบเทียบสมรรถนะในการพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมด้วยชุดพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์จะนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลทดสอบ (Testing set) ที่เตรียมไว้ข้างต้น เพื่อหาสมรรถนะในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในขั้นตอนถัดไป

### 3.3.4 ขั้นตอนเปรียบเทียบสมรรถนะในการพยากรณ์ (Performance Comparison)

ในขั้นตอนเปรียบเทียบสมรรถนะในการพยากรณ์นี้จะนำผลลัพธ์ที่ได้จากการพยากรณ์ในขั้นตอนที่แล้วเปรียบเทียบกับข้อมูลทดสอบ (Testing set) ที่เตรียมไว้ โดยตัวชี้วัดคุณภาพของตัวแบบอนุกรมเวลาในการพยากรณ์จะหมายถึงความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าปริมาณ

แบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในอนาคต ซึ่งเครื่องมือชี้วัดประสิทธิภาพความแม่นยำที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE) โดยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยหากมีค่าน้อยจะหมายถึงผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย (ความแม่นยำสูง) แสดงว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้มีคุณภาพดีและเหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์กับข้อมูลปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth) ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนสุดท้ายนี้ จะได้รับตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมด้วยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดทั้งสี่ตัวแบบของแต่ละชุดข้อมูล โดยที่สามารถยืนยันได้ว่าเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีความแม่นยำที่สุดในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานของแต่ละชุดข้อมูลนั้น



## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิจัย ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ 1) ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ 4 ตัวแบบ ประกอบด้วย ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มาแบบย้อนกลับ (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse)) 2) ผลการพยากรณ์และผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์แบบตัววัดที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทั้งในเครือข่ายบริเวณกว้าง ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ

การวิเคราะห์ผลการทดลองในส่วนของการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมของทั้ง 4 ตัวแบบ มีเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบที่เหมาะสม คือ ค่าทางสถิติเอไอซี (Akaike Information Criterion - AIC) ซึ่งค่าทางสถิติเอไอซีจะแสดงค่าออกมาหนึ่งค่า หากค่าทางสถิติเอไอซีมีค่าน้อยจะหมายถึงตัวแบบนั้นมีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลในการพยากรณ์มากและมีโอกาสจะได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำมากด้วย ทางตรงกันข้ามหากค่าทางสถิติเอไอซีมีค่ามากจะหมายถึงตัวแบบมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้พยากรณ์กับชุดข้อมูลนั้นน้อย ซึ่งจะส่งผลให้การพยากรณ์เกิดความคลาดเคลื่อนไม่แม่นยำไปด้วย ดังนั้นการเลือกตัวแบบที่จะนำมาใช้พยากรณ์มีความสำคัญอย่างมาก

การวิเคราะห์ผลการทดลองในส่วนของการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์จะใช้ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE) เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ โดยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยหากมีค่าน้อยจะหมายถึงผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย (ความแม่นยำสูง) ในทางกลับกันหากมีค่ามากจะหมายถึงผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนมาก (ความแม่นยำต่ำ)

#### 4.1 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสม

ในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างของผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) ตัวแบบ

อนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมาแบบย้อนกลับ (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse)) ซึ่งผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมที่นำมาแสดงเป็นตัวอย่างนี้ใช้ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่ถูกเผยแพร่โดย Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) ตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 จำนวน 34 ชุดข้อมูล หรือ 34 เครื่องปลายทาง (Node) ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมทั้งหมดสามารถค้นหาเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก ค. ซึ่งผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมนี้จะแสดงในลักษณะตารางโดยข้อมูลที่สำคัญในตารางนี้ได้แก่

- ตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมทั้งพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละชุดข้อมูล
- ค่าเอไอซี (AIC) ที่น้อยที่สุดจากการสร้างตัวแบบทั้งหมดในแต่ละชุดข้อมูล

#### 4.1.1 ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA)

##### ตารางที่ 4.1

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา ARIMA ( $p,d,q$ )	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.binp.nsk.su	ARIMA (1,0,3)	-360845.2
node1.cacr.caltech.edu	-	-
node1.cesnet.cz	ARIMA (1,1,1)	386070.1
node1.desy.de	ARIMA (0,1,3)	190884
node1.dl.ac.uk	ARIMA (4,1,1)	481081
node1.ece.rice.edu	ARIMA (4,1,1)	301264.2
node1.fnal.gov	ARIMA (1,1,3)	52035.6
node1.fzk.de	ARIMA (3,1,2)	567448.4
node1.in2p3.fr	ARIMA (3,1,1)	380163.7

## ตารางที่ 4.2

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA ( $p,d,q$ )	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.indiana.edu	ARIMA (5,2,0)	195045.8
node1.internet2.edu	ARIMA (1,1,2)	117108.6
node1.jp.apan.net	-	-
node1.kek.jp	ARIMA (1,0,1)	34014.98
node1.lbl.gov	ARIMA (0,1,5)	469008.6
node1.lsa.umich.edu	ARIMA (3,1,1)	388618.1
node1.mcs.anl.gov	ARIMA (4,1,2)	489196.7
node1.mib.infn.it	ARIMA (1,1,2)	128534.3
node1.niit.pk	ARIMA (2,0,2)	-28449.7
node1.nikhef.nl	ARIMA (2,1,1)	458353.3
node1.nslabs.ufl.edu	ARIMA (2,1,1)	391916.2
node1.pd.infn.it	-	-
node1.riken.go.jp	ARIMA (0,1,1)	383380.1
node1.sdsc.edu	ARIMA (2,1,1)	444060.8
node1.sox.i2.edu	ARIMA (0,1,4)	404790.3
node1.stanford.edu	ARIMA (0,1,1)	146166
node1.switch.ch	ARIMA (1,0,0)	479263.9
node1.triumf.ca	-	-
node1.uiuc.edu	ARIMA (1,1,1)	16625.59
node1.utdallas.edu	ARIMA (0,0,1)	330237.4
node2.ccs.ornl.gov	ARIMA (1,1,1)	430650.2
node2.cern.ch	ARIMA (4,1,1)	440993.7
node2.gsfc.nasa.gov	ARIMA (0,1,2)	390611.8
node2.nersc.gov	ARIMA (1,1,2)	479586.4
node2.nslabs.ufl.edu	ARIMA (1,1,1)	333545.6

#### 4.1.2 ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA)

ตารางที่ 4.3

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.binp.nsk.su	SARIMA (1,0,3) (0,0,1) [30]	-361563.8
node1.cacr.caltech.edu	-	-
node1.cesnet.cz	SARIMA (1,1,2) (2,0,1) [30]	387099.5
node1.desy.de	SARIMA (0,1,3) (2,0,1) [30]	191542.2
node1.dl.ac.uk	SARIMA (2,1,1) (1,0,0) [30]	482359.2
node1.ece.rice.edu	SARIMA (2,1,4) (1,0,1) [30]	302038.8
node1.fnal.gov	SARIMA (2,1,3) (1,0,1) [30]	53286.4
node1.fzk.de	SARIMA (2,1,1) (1,0,0) [30]	568802.9
node1.in2p3.fr	SARIMA (3,1,2) (0,0,1) [30]	381014.7
node1.indiana.edu	SARIMA (5,2,0) (0,0,2) [30]	195544.6
node1.internet2.edu	SARIMA (5,1,1) (0,0,0) [30]	117415.8
node1.jp.apan.net	-	-
node1.kek.jp	SARIMA (1,0,1) (1,0,0) [30]	35176.93
node1.lbl.gov	SARIMA (0,1,2) (2,0,0) [30]	470179.5
node1.lsa.umich.edu	SARIMA (0,1,4) (0,0,0) [30]	389972.3
node1.mcs.anl.gov	SARIMA (2,1,2) (1,0,0) [30]	490471.9
node1.mib.infn.it	SARIMA (3,1,1) (1,0,1) [30]	128854.5
node1.niit.pk	SARIMA (1,1,2) (0,0,1) [30]	-28497.63
node1.nikhef.nl	SARIMA (2,1,1) (0,0,1) [30]	459574.3

## ตารางที่ 4.4

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)

ชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.nslabs.ufl.edu	SARIMA (2,1,1) (0,0,2) [30]	393064.7
node1.pd.infn.it	-	-
node1.riken.go.jp	SARIMA (2,1,0) (1,0,0) [30]	392433.3
node1.sdsc.edu	SARIMA (2,1,1) (0,0,0) [30]	445289.3
node1.sox.i2.edu	SARIMA (2,1,2) (1,0,0) [30]	405872.3
node1.stanford.edu	SARIMA (0,1,1) (0,0,1) [30]	146518.4
node1.switch.ch	SARIMA (1,0,0) (0,0,1) [30]	480519.9
node1.triumf.ca	-	-
node1.uiuc.edu	SARIMA (0,1,2) (2,0,0) [30]	16670.22
node1.utdallas.edu	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [30]	331087.3
node2.ccs.ornl.gov	SARIMA (1,1,1) (0,0,1) [30]	431796.9
node2.cern.ch	SARIMA (2,1,1) (1,0,0) [30]	442160.2
node2.gsfc.nasa.gov	SARIMA (2,1,3) (2,0,1) [30]	391742.5
node2.nersc.gov	SARIMA (1,1,2) (1,0,0) [30]	480855.8
node2.nslabs.ufl.edu	SARIMA (2,1,2) (1,0,0) [30]	334718.5

#### 4.1.3 ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA)

ตารางที่ 4.5

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.binp.nsk.su	FARIMA (1,0.48,5)	-6001.2
node1.cacr.caltech.edu	-	-
node1.cesnet.cz	FARIMA (4,0.04,0)	5768.097
node1.desy.de	FARIMA (5,0.17,1)	3224.818
node1.dl.ac.uk	FARIMA (1,0.25,0)	7156.591
node1.ece.rice.edu	FARIMA (3,0.40,3)	4718.687
node1.fnal.gov	FARIMA (3,0.002,5)	7031.972
node1.fzk.de	FARIMA (5,0.01,3)	7764.79
node1.in2p3.fr	FARIMA (2,0.14,5)	5823.7
node1.indiana.edu	FARIMA (1,0.17,1)	441.7068
node1.internet2.edu	FARIMA (1,0.10,5)	2064.598
node1.jp.apan.net	-	-
node1.kek.jp	FARIMA (4,0.01,4)	4853.68
node1.lbl.gov	FARIMA (5,0.17,5)	7126.931
node1.lsa.umich.edu	FARIMA (5,0.01,3)	7222.624
node1.mcs.anl.gov	FARIMA (5,0.31,1)	7470.712
node1.mib.infn.it	FARIMA (4,0.25,3)	1974.559
node1.niit.pk	FARIMA (5,0.27,5)	-353.8527
node1.nikhef.nl	FARIMA (1,0.38,4)	6712.904

## ตารางที่ 4.6

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.nslabs.ufl.edu	FARIMA (3,0.19,5)	6340.047
node1.pd.infn.it	-	-
node1.riken.go.jp	FARIMA (5,0.002,1)	5090.238
node1.sdsc.edu	FARIMA (5,0.09,5)	6830.259
node1.sox.i2.edu	FARIMA (2,0.24,5)	6106.846
node1.stanford.edu	FARIMA (1,0.09,2)	2032.401
node1.switch.ch	FARIMA (1,0.04,1)	7220.757
node1.triumf.ca	-	-
node1.uiuc.edu	FARIMA (2,0.32,4)	824.1229
node1.utdallas.edu	FARIMA (5,0.03,2)	4844.904
node2.ccs.ornl.gov	FARIMA (3,0.09,5)	6551.745
node2.cern.ch	FARIMA (3,0.34,1)	6707.266
node2.gsfc.nasa.gov	FARIMA (5,0.48,5)	6103.124
node2.nersc.gov	FARIMA (2,0.22,4)	7347.225
node2.nslabs.ufl.edu	FARIMA (0,0.32,0)	6691.746

#### 4.1.4 ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA)

จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) ไม่สามารถสร้างตัวแบบให้อยู่ในรูป  $SFARIMA(p, d, q)(P, D, Q)[s]; d, D \in R$  ได้ เนื่องจากการคิดคำนวณในส่วนของฤดูกาล (P, D, Q) โดยที่ D มีค่าตั้งแต่ -0.5 จนถึง 0.5 นั้นไม่สามารถหาค่า D ซึ่งเป็นส่วนของฤดูกาลให้แสดงถึงลักษณะของ Long memory และ Short memory ดังนั้นการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) จึงไม่สามารถสร้างตัวแบบให้อยู่ในภาพที่ กำหนดได้ ซึ่งถ้าต้องการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) ต้องใช้กระบวนการย้อนกลับ (Reverse) กล่าวคือ ก่อนจะทำการสร้างตัวแบบจะนำชุดข้อมูลที่พร้อมใช้งานไปทำการนำความเป็นฤดูกาลของข้อมูลออกก่อน (Deseasonal) หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่นำความเป็นฤดูกาลของข้อมูลออกไปแล้วมาสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) เมื่อทำตามกระบวนการย้อนกลับเรียบร้อยแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาพร้อมทั้งชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของชุดข้อมูลนั้นๆ ซึ่งผลการดำเนินการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบย้อนกลับ (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) เป็นดังต่อไปนี้

## ตารางที่ 4.7

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุด กับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล

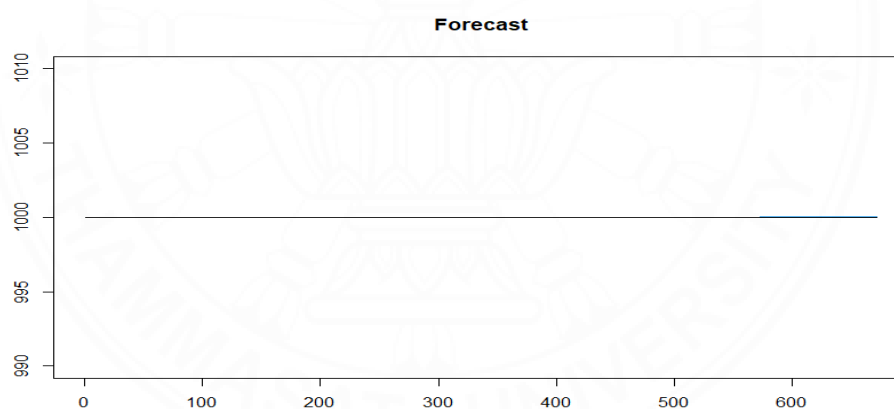
ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.binp.nsk.su	FARIMA (1,0.16,0)	-5862.639
node1.cacr.caltech.edu	-	-
node1.cesnet.cz	FARIMA (5,0.42,5)	5714.807
node1.desy.de	FARIMA (4,0.16,2)	3219.974
node1.dl.ac.uk	FARIMA (5,0.39,3)	7158.448
node1.ece.rice.edu	FARIMA (4,0.48,5)	4654.239
node1.fnal.gov	FARIMA (5,0.38,5)	6977.583
node1.fzk.de	FARIMA (3,0.19,0)	7759.456
node1.in2p3.fr	FARIMA (3,0.38,5)	5765.521
node1.indiana.edu	FARIMA (5,0.23,1)	447.2837
node1.internet2.edu	FARIMA (5,0.16,5)	2074.13
node1.jp.apan.net	-	-
node1.kek.jp	FARIMA (5,0.46,5)	4790.385
node1.lbl.gov	FARIMA (2,0.30,5)	7129.468
node1.lsa.umich.edu	FARIMA (4,0.41,3)	7249.37
node1.mcs.anl.gov	FARIMA (2,0.000055,3)	7474.48
node1.mib.infn.it	FARIMA (2,0.41,4)	1955.071
node1.niit.pk	FARIMA (0,0.27,0)	-354.4118
node1.nikhef.nl	FARIMA (5,0.07,4)	6708.365
node1.nslabs.ufl.edu	FARIMA (4,0.49,4)	6287.289
node1.pd.infn.it	-	-

## ตารางที่ 4.8

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.riken.go.jp	FARIMA (5,0.26,5)	5026.871
node1.sdsc.edu	FARIMA (2,0.20,4)	6883.145
node1.sox.i2.edu	FARIMA (1,0.18,3)	6156.708
node1.stanford.edu	FARIMA (5,0.08,4)	2041.338
node1.switch.ch	FARIMA (5,0.000074,5)	7222.767
node1.triumf.ca	-	-
node1.uiuc.edu	FARIMA (4,0.26,4)	821.9493
node1.utdallas.edu	FARIMA (2,0.27,4)	4785.513
node2.ccs.ornl.gov	FARIMA (4,0.40,4)	6481.914
node2.cern.ch	FARIMA (3,0.35,5)	6701.958
node2.gsfc.nasa.gov	FARIMA (4,0.49,5)	6120.799
node2.nersc.gov	FARIMA (3,0.35,4)	7297.3
node2.nslabs.ufl.edu	FARIMA (5,0.17,1)	6643.655

จากผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมทั้งหมด จะเห็นได้ว่าตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) นั้นสามารถสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมให้กับชุดข้อมูลได้เกือบทุกชุดข้อมูล มีเพียง 4 ชุดข้อมูลเท่านั้นที่ไม่สามารถสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมให้ได้ ได้แก่ ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.cacr.caltech.edu, node1.jp.apan.net, node1.pd.infn.it, และ node1.triumf.ca เมื่อได้ลองเข้าไปศึกษาชุดข้อมูลที่เกิดปัญหาทั้ง 4 ชุดข้อมูลแล้ว พบว่า ชุดข้อมูลทั้ง 4 ชุดข้อมูลนั้น มีค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานเป็นค่าเดียวกันทั้งชุดข้อมูล ส่งผลให้ไม่สามารถนำมาคิดหรือสร้างตัวแบบที่เหมาะสมได้ ดังภาพที่ 4.1 จะแสดงให้เห็นถึงค่าของข้อมูลที่เท่ากันทั้งหมดในชุดข้อมูล



ภาพที่ 4.1 แสดงค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน ซึ่งมีค่าเป็น 1000 ค่าเดียวทั้งชุดข้อมูล

## 4.2 ผลการพยากรณ์และผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์

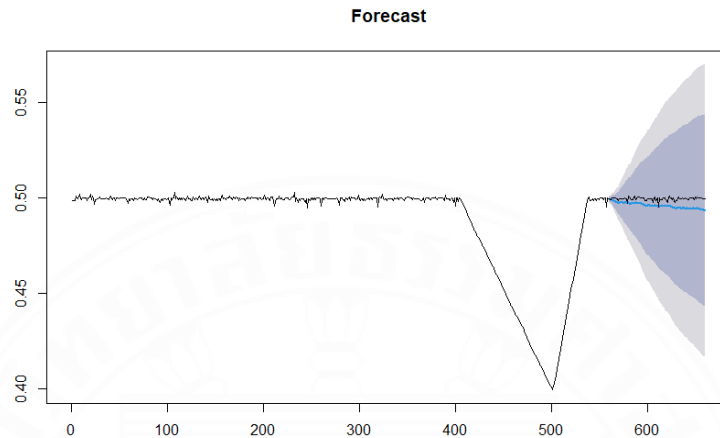
### 4.2.1 ผลการพยากรณ์

หัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างของผลการทดลองการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้างด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) ซึ่งผลการทดลองที่นำมาแสดงเป็นตัวอย่างนี้ใช้ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่ถูกเผยแพร่โดย Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) ตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายน ในปี ค.ศ. 2004 โดยเครื่องปลายทาง (Node) คือ node1.binp.nsk.su นอกจากนี้ผลการทดลองการพยากรณ์ข้อมูลทั้งหมดสามารถค้นหาเพิ่มเติมได้ที่ภาคผนวก ก.

การแสดงผลการพยากรณ์จะแสดงด้วยแผนภูมิเส้นบนระบบพิกัดฉาก โดยมีการกำหนดส่วนต่างๆ ของแผนภูมิดังนี้

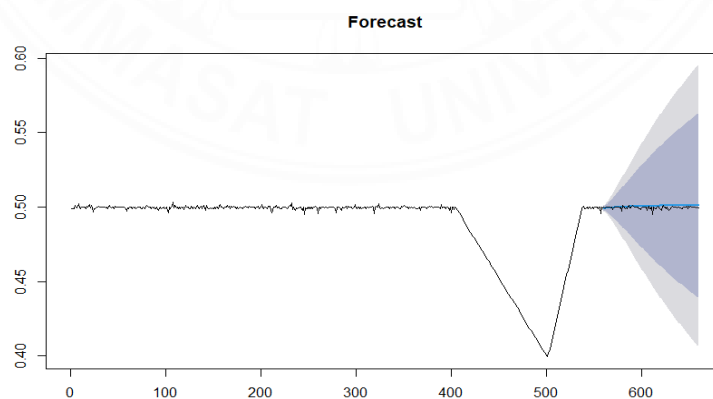
- แกนนอน (horizontal axis) เป็นแกน X แสดงข้อมูลดัชนีตามลำดับแทนเวลาที่เก็บได้ใน ณ ขณะนั้น (Time Serise Index)
- แกนตั้ง (vertical axis) เป็นแกน Y แสดงข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่เก็บได้ใน ณ ขณะนั้น
- เส้นสีดำ แสดงข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานของชุดข้อมูลนั้น
- เส้นสีน้ำเงิน แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานที่พยากรณ์ได้
- พื้นที่สีน้ำเงิน แสดงช่วงของข้อมูลที่สามารถพยากรณ์ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานได้ โดยมีค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้อยู่ที่ 90%
- พื้นที่สีเทา แสดงช่วงของข้อมูลที่สามารถพยากรณ์ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานได้ โดยมีค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้อยู่ที่ 85%

#### 4.2.1.1 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA)



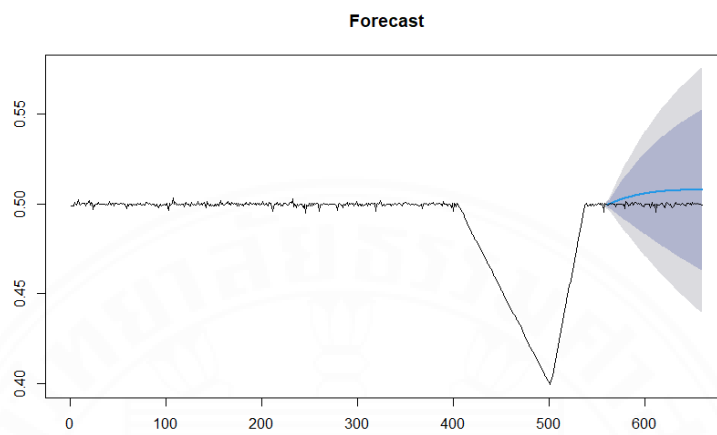
ภาพที่ 4.2 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA): ARIMA (1,0,3)

#### 4.2.1.2 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA)



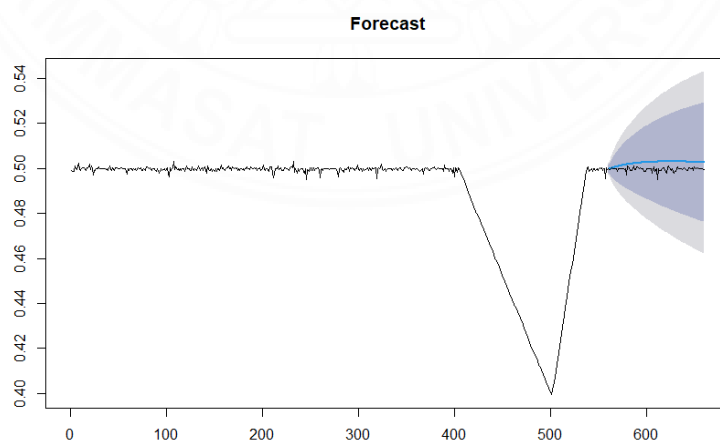
ภาพที่ 4.3 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA): SARIMA (1,0,3) (0,0,1) [30]

#### 4.2.1.3 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA)



ภาพที่ 4.4 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA): FARIMA (1,0.48,5)

#### 4.2.1.4 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - FARIMA)



ภาพที่ 4.5 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - FARIMA): FARIMA (1,0.16,0)

#### 4.2.2 ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE) สำหรับเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ทั้ง 4 ตัวแบบ ในแต่ละชุดข้อมูล เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการพยากรณ์ว่าตัวแบบอนุกรมเวลาแบบใดนั้นเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการพยากรณ์ ซึ่งเกณฑ์ในการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเป็นดังนี้ หากมีค่าน้อยจะหมายถึงผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย (ความแม่นยำสูง) ในทางกลับกันหากมีค่ามากจะหมายถึงผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนมาก (ความแม่นยำต่ำ)

#### ตารางที่ 4.9

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวน 34 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE

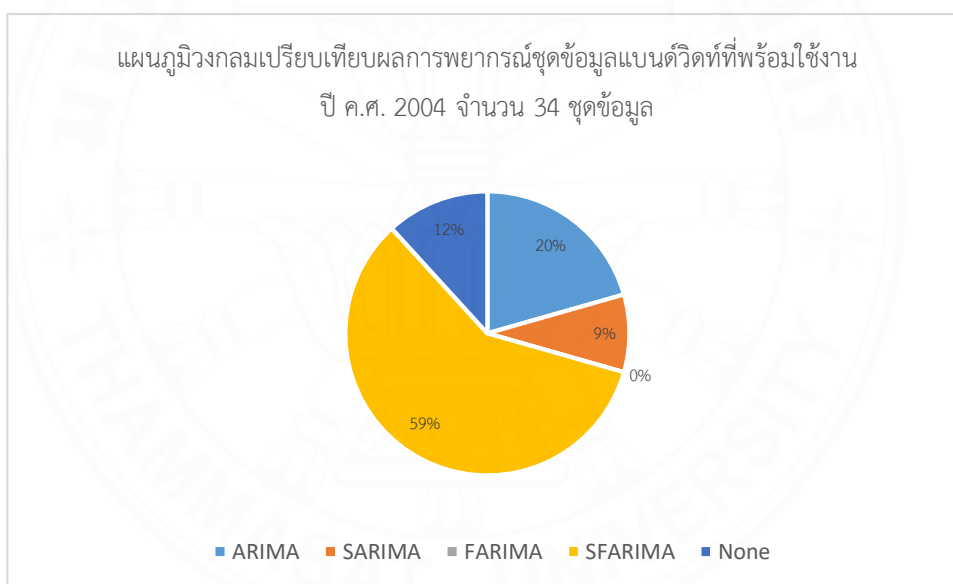
ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล				
เครื่องปลายทาง (Node)	RMSE			
	ARIMA	SARIMA	FARIMA	SFARIMA
node1.binp.nsk.su	0.00486348	<b>0.001095515</b>	0.00631138	0.002961627
node1.cacr.caltech.edu	-	-	-	-
node1.cesnet.cz	40.46322	40.44008	40.02517	<b>39.47839</b>
node1.desy.de	4.117616	<b>4.115782</b>	4.221283	4.203839
node1.dl.ac.uk	137.4099	<b>137.4733</b>	147.2275	143.1339
node1.ece.rice.edu	12.57109	12.55932	12.50684	<b>12.23205</b>
node1.fnal.gov	<b>125.6852</b>	125.6927	131.3022	128.7418
node1.fzk.de	208.123	208.1209	210.0897	<b>205.4744</b>
node1.in2p3.fr	<b>35.26575</b>	37.50694	40.76312	39.23182
node1.indiana.edu	36.78151	36.20748	0.4436286	<b>0.442727</b>
node1.internet2.edu	1.237425	1.235543	1.207102	<b>1.19733</b>
node1.jp.apan.net	-	-	-	-
node1.kek.jp	87.28065	87.37001	86.61661	<b>86.10209</b>
node1.lbl.gov	128.205	128.6165	130.1217	<b>128.0435</b>

## ตารางที่ 4.10

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวน 34 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE (ต่อ)

ชุดข้อมูลแบบดีวิคท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล				
เครื่องปลายทาง (Node)	RMSE			
	ARIMA	SARIMA	FARIMA	SFARIMA
node1.lsa.umich.edu	179.6591	179.6506	178.8334	<b>177.7784</b>
node1.mcs.anl.gov	147.3566	145.6802	144.7417	<b>143.8846</b>
node1.mib.infn.it	<b>1.306011</b>	1.307279	1.444442	1.420842
node1.niit.pk	<b>0.1394608</b>	0.1861417	0.1482634	0.1429821
node1.nikhef.nl	110.2774	110.2556	98.42698	<b>97.2077</b>
node1.nslabs.ufl.edu	78.23716	78.684	79.83768	<b>74.05509</b>
node1.pd.infn.it	-	-	-	-
node1.riken.go.jp	230.5472	309.2756	22.37319	<b>22.3464</b>
node1.sdsc.edu	115.6095	310.6526	113.5723	<b>112.3501</b>
node1.sox.i2.edu	51.5833	51.45956	49.81011	<b>48.91415</b>
node1.stanford.edu	1.482953	1.482692	1.419964	<b>1.41745</b>
node1.switch.ch	127.1985	430.2464	122.4694	<b>121.9301</b>
node1.triumf.ca	-	-	-	-
node1.uiuc.edu	0.02022701	<b>0.0201901</b>	0.5338242	0.4357668
node1.utdallas.edu	16.09779	26.94344	14.28135	<b>14.07469</b>
node2.ccs.ornl.gov	<b>74.26198</b>	227.9845	77.87505	76.54799
node2.cern.ch	98.21549	98.20306	97.88492	<b>96.78127</b>
node2.gsfc.nasa.gov	67.50405	67.63218	66.97076	<b>66.59214</b>
node2.nersc.gov	143.886	143.9495	142.676	<b>136.5996</b>
node2.nslabs.ufl.edu	88.01439	<b>87.94742</b>	107.7381	91.8566

เมื่อนำผลจากตารางที่ 4.5 มาวิเคราะห์แล้วพบว่า จากชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 ทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล มีจำนวน 20 ชุดข้อมูล ที่ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) นั้นให้ประสิทธิภาพในการพยากรณ์มีความแม่นยำสูงที่สุด คิดเป็น 59% เมื่อเทียบกับตัวแบบอนุกรมเวลาอื่นๆ 3 ตัวแบบ โดยอันดับถัดมาเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาอารีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) จำนวน 7 ชุดข้อมูล คิดเป็น 20% ต่อมาเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาอารีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) จำนวน 3 ชุดข้อมูล คิดเป็น 9% ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) จำนวน 0 ชุดข้อมูล คิดเป็น 0% และไม่สามารถพยากรณ์ได้จำนวน 4 ชุดข้อมูล คิดเป็น 12% ดังแผนภูมิภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละตัวแบบกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวน 34 ชุดข้อมูล

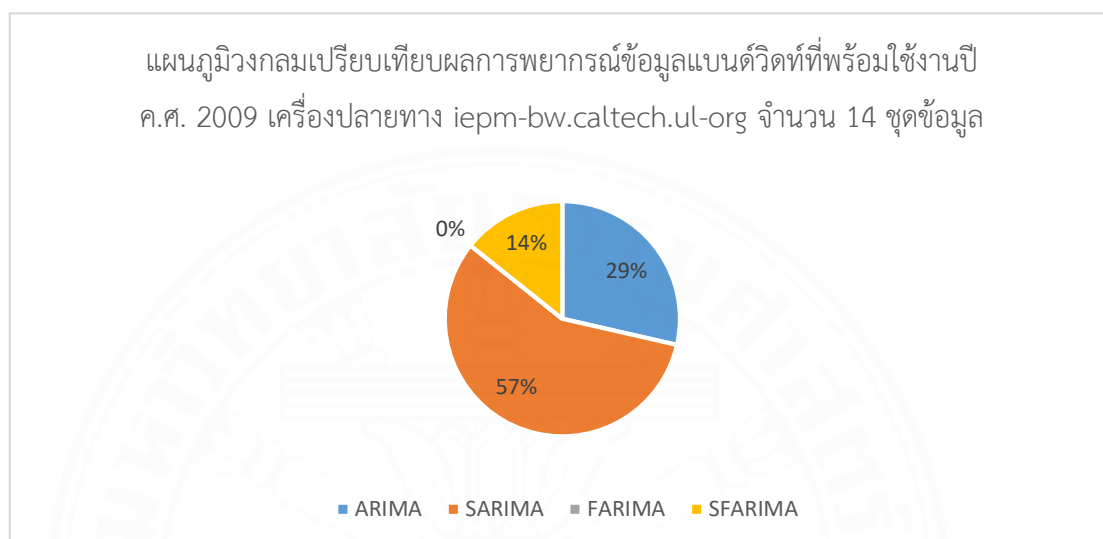
## ตารางที่ 4.11

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง *iepm-bw.caltech.ul-org* จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE

ชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง <i>iepm-bw.caltech.ul-org</i> 14 ชุดข้อมูล				
ชุดที่	RMSE			
	ARIMA	SARIMA	FARIMA	SFARIMA
1	<b>40.61477</b>	57.84263	107.6569	88.1175
2	89.68459	<b>62.72283</b>	92.55203	89.77659
3	87.23644	<b>51.3636</b>	63.4772	59.77566
4	97.32761	85.03145	83.29118	<b>78.42311</b>
5	<b>49.9514</b>	69.3552	58.79889	66.93529
6	48.15717	<b>42.33003</b>	77.75191	73.47476
7	78.21064	<b>41.77105</b>	77.58182	73.48278
8	<b>39.95014</b>	46.48542	55.64624	49.23464
9	55.39135	<b>39.54869</b>	45.27068	47.16733
10	69.85489	<b>51.39451</b>	60.88978	62.93255
11	<b>69.12962</b>	87.93706	73.38082	73.54473
12	88.58772	<b>62.67295</b>	83.99378	83.99265
13	127.1732	109.7407	101.1359	<b>100.7831</b>
14	43.69755	<b>34.3292</b>	71.88471	71.93327

ผลจากตารางที่ 4.6 เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วพบว่า ชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง *iepm-bw.caltech.ul-org* จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) มีประสิทธิภาพในการพยากรณ์สูงที่สุดรวม 8 ชุดข้อมูล คิดเป็น 57% รองลงมาเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) จำนวน 4 ชุดข้อมูล คิดเป็น 29% ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated

Moving Average (Reverse) - FARIMA) จำนวน 2 ชุดข้อมูล คิดเป็น 14% และตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) จำนวน 0 ชุดข้อมูล คิดเป็น 0% ดังแผนภูมิภาพที่ 4.7



ภาพที่ 4.7 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวน 14 ชุดข้อมูล

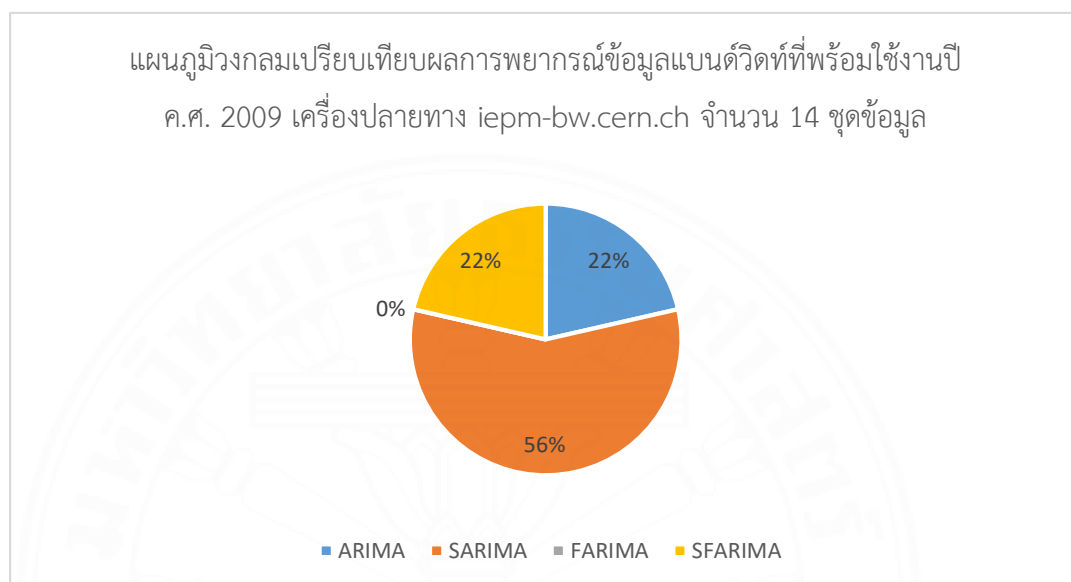
## ตารางที่ 4.12

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch 14 ชุดข้อมูล				
ชุดที่	RMSE			
	ARIMA	SARIMA	FARIMA	SFARIMA
1	<b>84.70335</b>	105.4481	103.6755	94.49499
2	73.97589	<b>72.81146</b>	92.45053	91.07392
3	72.17919	<b>56.59583</b>	75.55774	74.88826
4	<b>45.21262</b>	57.59467	60.80776	50.99652
5	88.28436	83.64565	63.60865	<b>58.54255</b>
6	64.50572	<b>52.44445</b>	94.10768	69.66679
7	74.29091	<b>58.04441</b>	78.8022	74.54153
8	76.49713	<b>54.13974</b>	61.36703	60.51746
9	61.88665	<b>41.19478</b>	60.8747	59.59279
10	72.77315	88.06002	61.52699	<b>53.85501</b>
11	<b>40.63947</b>	82.30456	99.608	97.83931
12	61.8789	<b>49.46694</b>	74.80266	68.94554
13	113.3955	<b>90.54825</b>	113.1733	107.9881
14	109.9815	91.83796	87.39819	<b>78.04234</b>

ผลจากตารางที่ 4.7 เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วพบว่า ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล ตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถพยากรณ์ได้มีประสิทธิภาพสูงสุด ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) จำนวน 8 ชุดข้อมูล คิดเป็น 56% ถัดมาเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated

Moving Average (Reverse) - FARIMA) เท่ากันจำนวน 3 ชุดข้อมูล คิดเป็น 22% และสุดท้ายเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) จำนวน 0 ชุดข้อมูล คิดเป็น 0% ดังแผนภูมิภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 แผนภูมิมวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวน 14 ชุดข้อมูล

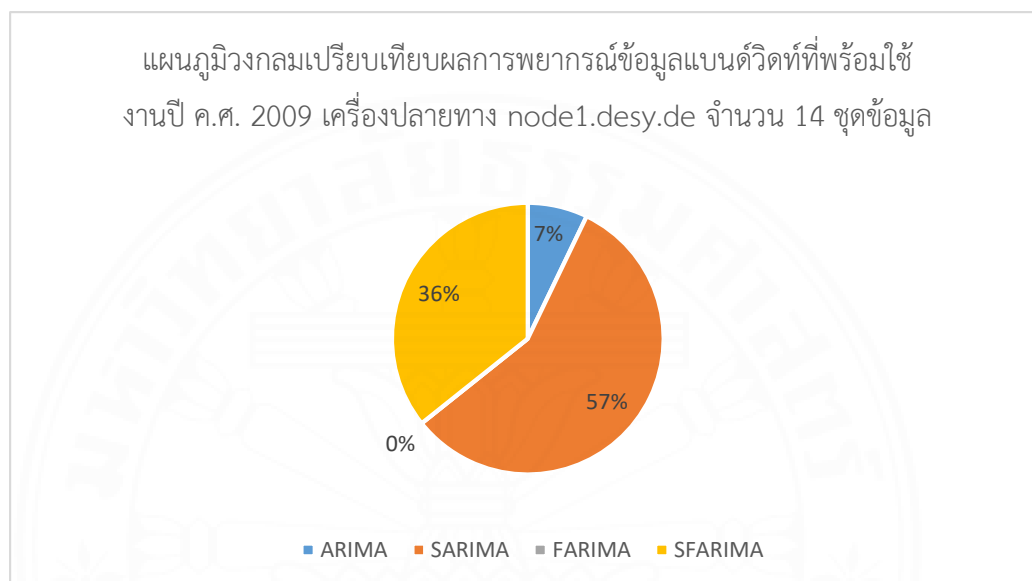
## ตารางที่ 4.13

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE

ชุดข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de 14 ชุดข้อมูล				
ชุดที่	RMSE			
	ARIMA	SARIMA	FARIMA	SFARIMA
1	109.0106	101.9596	85.92694	<b>85.49053</b>
2	102.5534	61.59885	61.05759	<b>56.07402</b>
3	122.1212	85.06027	76.32622	<b>75.88787</b>
4	74.55792	<b>55.03751</b>	82.68668	84.18928
5	79.72289	<b>63.75785</b>	73.29599	73.8462
6	59.87724	<b>50.67059</b>	95.17234	94.87263
7	61.59888	<b>57.32391</b>	94.30723	88.86002
8	55.36744	<b>23.02467</b>	39.04063	38.00977
9	82.63517	<b>66.40947</b>	99.42288	97.25611
10	170.261	136.1588	120.3673	<b>119.504</b>
11	35.74281	<b>30.13115</b>	52.74899	49.18507
12	<b>36.23198</b>	45.43612	79.86072	76.58467
13	69.0963	<b>64.0367</b>	77.1632	77.44885
14	91.51996	83.64363	69.26744	<b>66.96445</b>

ผลจากตารางที่ 4.8 เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วพบว่า ชุดข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล ตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถพยากรณ์ได้มีประสิทธิภาพเรียงจากสูงสุดไปต่ำสุด ดังนี้ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) จำนวน 8 ชุดข้อมูล คิดเป็น 57% ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) จำนวน 5 ชุดข้อมูล คิดเป็น 36% ตัวแบบ

อนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) จำนวน 1 ชุดข้อมูล คิดเป็น 7% และสุดท้ายเป็นตัวแทนอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) จำนวน 0 ชุดข้อมูล คิดเป็น 0% ตามลำดับ ดังแผนภูมิ ภาพที่ 4.9



ภาพที่ 4.9 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละตัวแทนกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวน 14 ชุดข้อมูล

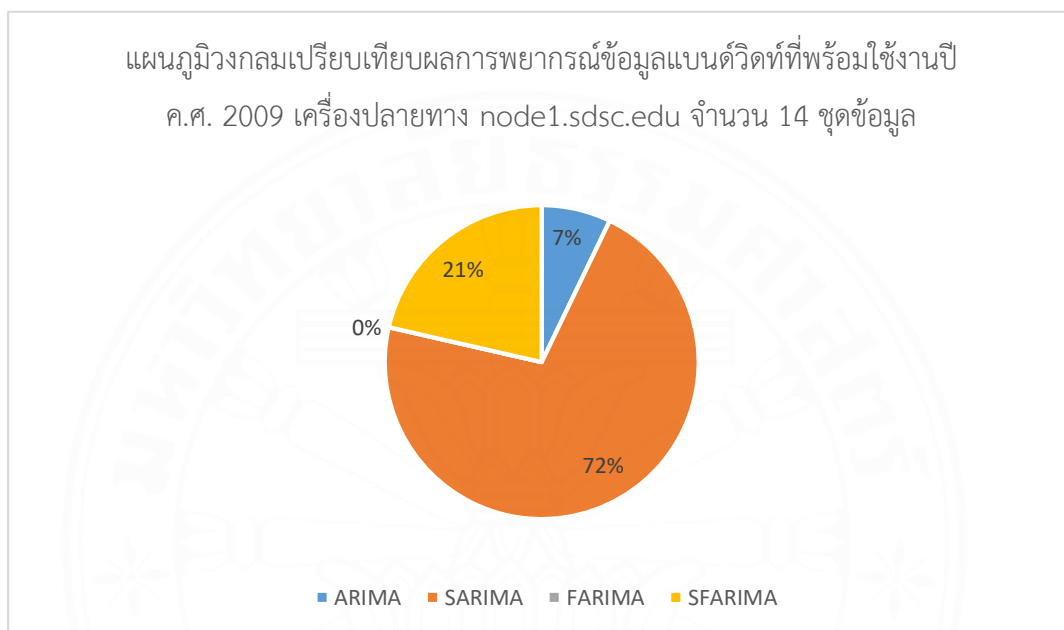
## ตารางที่ 4.14

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE

ชุดข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu 14 ชุดข้อมูล				
ชุดที่	RMSE			
	ARIMA	SARIMA	FARIMA	SFARIMA
1	118.2402	136.9351	105.5587	<b>87.28596</b>
2	85.46821	<b>85.46810</b>	98.03996	96.90496
3	54.76066	<b>23.72067</b>	36.05192	40.76838
4	<b>49.50188</b>	87.40298	106.1145	91.8443
5	90.74938	<b>26.01429</b>	67.53353	64.57395
6	68.64443	62.86903	66.74375	<b>61.85916</b>
7	36.12048	<b>15.29015</b>	63.03406	42.12655
8	64.50818	<b>42.67869</b>	60.34894	64.83
9	63.61636	63.93647	59.62571	<b>54.27432</b>
10	88.95668	<b>64.60365</b>	83.64311	82.45496
11	134.092	<b>56.94971</b>	173.0305	160.4445
12	138.3686	<b>99.31654</b>	105.839	101.1231
13	53.43098	<b>45.90591</b>	85.97479	86.88551
14	<b>61.35145</b>	82.73846	83.99488	84.44628

ผลจากตารางที่ 4.9 เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วพบว่า ชุดข้อมูลแบบดีวิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล ตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถพยากรณ์ได้มีประสิทธิภาพเรียงจากสูงสุดไปต่ำสุด ดังนี้ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) จำนวน 10 ชุดข้อมูล คิดเป็น 72% ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) จำนวน 3 ชุดข้อมูล คิดเป็น 21% ตัวแบบ

อนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) จำนวน 1 ชุดข้อมูล คิดเป็น 7% และสุดท้ายเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) จำนวน 0 ชุดข้อมูล คิดเป็น 0% ตามลำดับ ดังแผนภูมิ ภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แผนภูมิจากการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวน 14 ชุดข้อมูล

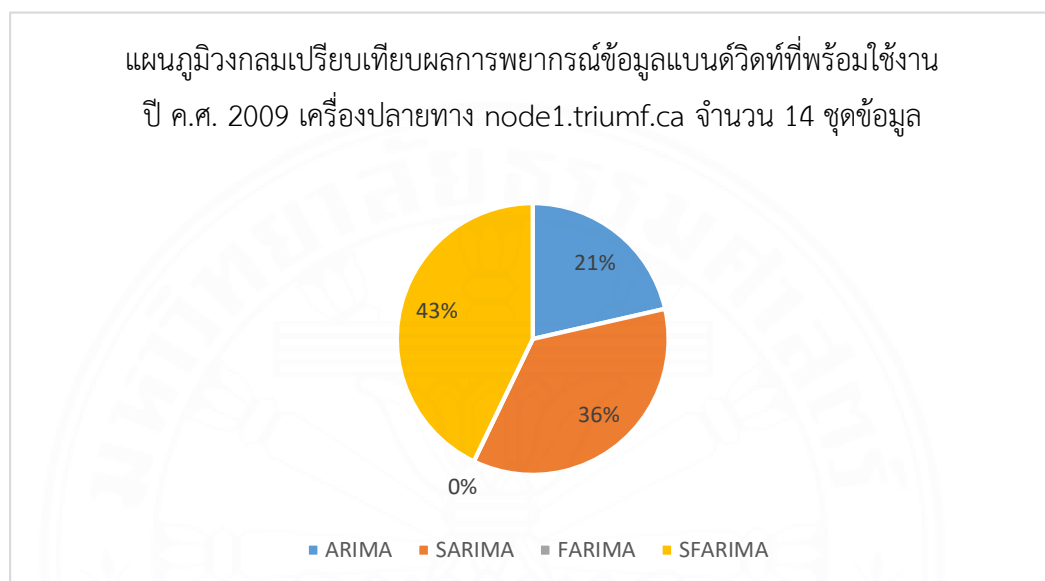
## ตารางที่ 4.15

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca 14 ชุดข้อมูล				
ชุดที่	RMSE			
	ARIMA	SARIMA	FARIMA	SFARIMA
1	<b>33.3523</b>	34.10364	59.42436	58.74506
2	53.89193	48.87176	58.02785	<b>46.27165</b>
3	<b>27.95602</b>	84.88109	99.02079	94.42683
4	46.13831	<b>43.77348</b>	52.85073	50.74743
5	66.83414	72.16058	60.10128	<b>54.01336</b>
6	38.91959	<b>31.12263</b>	35.02062	32.89175
7	32.66399	<b>18.01263</b>	26.52415	24.78619
8	45.62831	43.38567	33.8909	<b>32.02968</b>
9	<b>35.24151</b>	45.43503	39.37521	38.37674
10	66.67766	74.91058	46.72938	<b>45.93151</b>
11	33.80778	<b>22.4977</b>	30.27053	28.96585
12	45.35757	54.56729	29.33331	<b>27.41113</b>
13	61.47687	76.48175	52.91838	<b>50.83513</b>
14	33.30436	<b>19.70418</b>	35.70967	28.78687

ผลจากตารางที่ 4.10 เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วพบว่า ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล ตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถพยากรณ์ได้มีประสิทธิภาพเรียงจากสูงสุดไปต่ำสุด ดังนี้ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) จำนวน 6 ชุดข้อมูล คิดเป็น 43% ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) จำนวน 5 ชุดข้อมูล คิดเป็น 36% ตัว

แบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) จำนวน 3 ชุดข้อมูล คิดเป็น 21% และสุดท้ายเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) จำนวน 0 ชุดข้อมูล คิดเป็น 0% ตามลำดับดังแผนภูมิภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 แผนภูมिवงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวน 14 ชุดข้อมูล

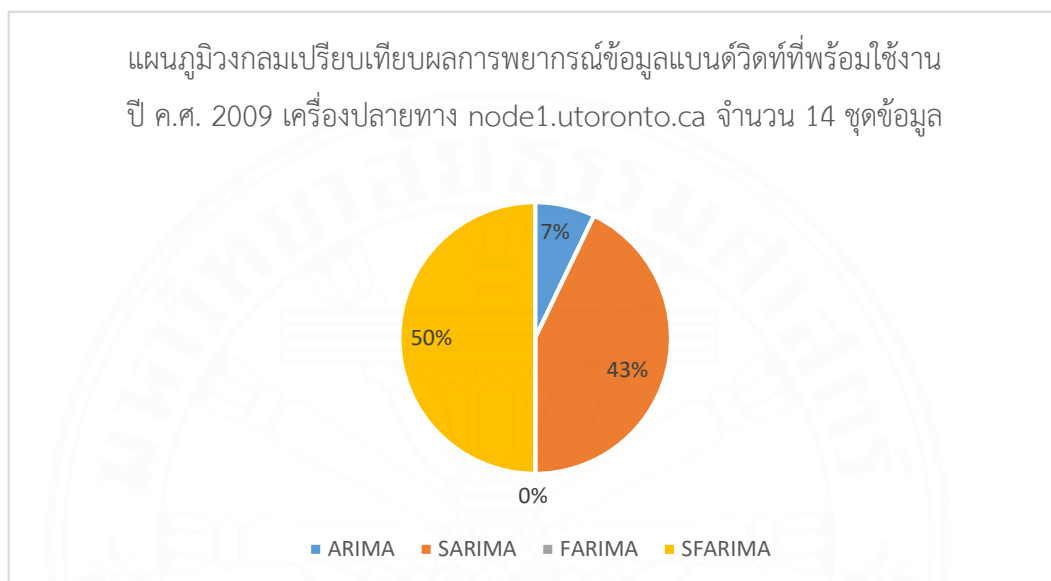
## ตารางที่ 4.16

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca 14 ชุดข้อมูล				
ชุดที่	RMSE			
	ARIMA	SARIMA	FARIMA	SFARIMA
1	72.2872	67.63636	63.60272	<b>59.14876</b>
2	66.76661	64.98556	53.33643	<b>49.02051</b>
3	114.4907	124.3855	60.16048	<b>58.93142</b>
4	77.45761	<b>69.21032</b>	97.61894	97.20174
5	108.8366	100.9908	59.32336	<b>55.22431</b>
6	84.74688	84.9853	69.29169	<b>68.42049</b>
7	55.79855	<b>43.67896</b>	66.21408	63.27244
8	49.24623	78.26001	39.68073	<b>38.24774</b>
9	28.78261	<b>24.77766</b>	70.55109	61.55551
10	71.95948	71.59443	48.77733	<b>44.92253</b>
11	38.94758	<b>36.15891</b>	78.38777	77.76388
12	45.71857	<b>35.79939</b>	40.49336	38.99532
13	<b>18.5201</b>	22.39524	39.41038	38.98763
14	69.1913	<b>33.02852</b>	83.30423	66.88672

ผลจากตารางที่ 4.11 เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วพบว่า ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล ตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถพยากรณ์ได้มีประสิทธิภาพเรียงจากสูงสุดไปต่ำสุด ดังนี้ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) จำนวน 7 ชุดข้อมูล คิดเป็น 50% ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) จำนวน 6 ชุดข้อมูล คิดเป็น 43% ตัว

แบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) จำนวน 1 ชุดข้อมูล คิดเป็น 7% และสุดท้ายเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) จำนวน 0 ชุดข้อมูล คิดเป็น 0% ดังแผนภูมิภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 แผนภูมิมวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวน 14 ชุดข้อมูล

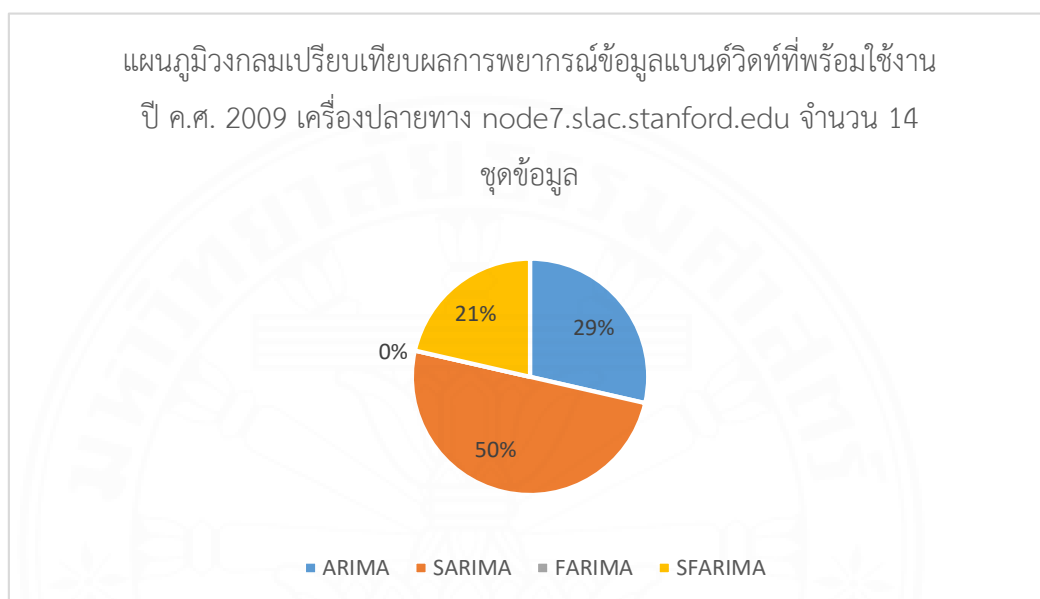
## ตารางที่ 4.17

ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวน 14 ชุดข้อมูลของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่า RMSE

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu 14 ชุดข้อมูล				
ชุดที่	RMSE			
	ARIMA	SARIMA	FARIMA	SFARIMA
1	54.29423	<b>38.89921</b>	47.98772	45.53707
2	<b>49.53788</b>	61.05518	64.64124	62.54012
3	<b>58.46416</b>	64.1412	119.8535	119.6298
4	<b>17.18707</b>	22.20417	41.87423	40.99606
5	<b>34.43619</b>	49.19556	83.53344	56.26987
6	55.57271	<b>37.33908</b>	60.83038	56.15683
7	40.2677	<b>22.99819</b>	54.01506	53.56521
8	55.61421	<b>25.99384</b>	50.42112	48.55885
9	60.01329	39.74661	43.01656	<b>39.10062</b>
10	58.76968	<b>55.62246</b>	73.44326	72.67926
11	65.39187	<b>35.61462</b>	80.82142	79.35526
12	121.9007	<b>114.0959</b>	117.997	117.5435
13	56.18982	50.10346	53.82264	<b>48.94672</b>
14	89.64235	87.97797	83.97209	<b>81.29445</b>

ผลจากตารางที่ 4.12 เมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วพบว่า ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล ตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถพยากรณ์ได้มีประสิทธิภาพเรียงจากสูงที่สุดไปต่ำสุด ดังนี้ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) จำนวน 7 ชุดข้อมูล คิดเป็น 50% ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) จำนวน 4 ชุดข้อมูล คิดเป็น 29% ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (ย้อนกลับ)

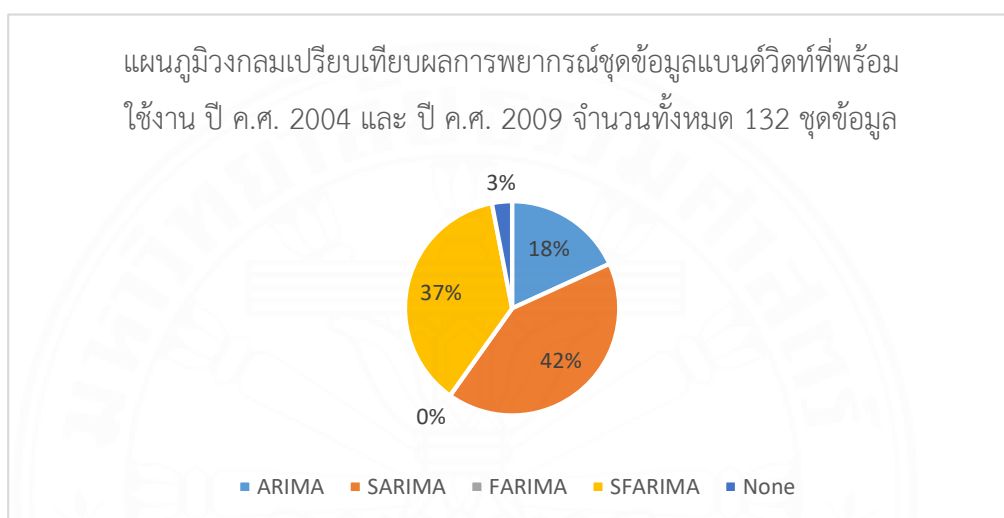
(Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) จำนวน 3 ชุดข้อมูล คิดเป็น 21% และสุดท้ายเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) จำนวน 0 ชุดข้อมูล คิดเป็น 0% ดังแผนภูมิภาพที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุด  
ในแต่ละตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
node7.slac.stanford.edu จำนวน 14 ชุดข้อมูล

จากผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่ถูกเผยแพร่โดย Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) ตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 รวมทั้งหมด 132 ชุดข้อมูล แสดงให้เห็นว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถพยากรณ์ได้มีความแม่นยำสูงและมีประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้น คือ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) คิดเป็น 42% จำนวน 55 ชุดข้อมูลจากชุดข้อมูลทั้งหมด และตัวแบบอนุกรมเวลาที่สามารถพยากรณ์ได้มีความแม่นยำน้อยและมีประสิทธิภาพต่ำที่สุดนั้น คือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) คิดเป็น 0% ดังแผนภูมิภาพที่ 4.14 กล่าวคือในงานวิจัยนี้ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (FARIMA) ไม่สามารถพยากรณ์ได้แม่นยำมากที่สุดในชุดข้อมูลใดชุดหนึ่ง ใน 132 ชุดข้อมูล ซึ่งการที่ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (FARIMA) นี้

ไม่สามารถพยากรณ์ได้แม่นยำมากที่สุดจะหมายถึงตัวแบบอนุกรมเวลานี้ไม่ดีหรือไม่เหมาะสม หากสังเกตผลการพยากรณ์ในแต่ละชุดข้อมูลตามตารางที่ 4.38 จะเห็นได้ว่าตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (FARIMA) สามารถพยากรณ์ได้ดีที่สุดในชุดข้อมูลที่ 5, 8, 10, 12, และ 13 มีความแม่นยำน้อยกว่าตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - SFARIMA) ตัวแบบเดียวเท่านั้น



ภาพที่ 4.14 แผนภูมิวงกลมแสดงผลการเปรียบเทียบการพยากรณ์ที่มีความแม่นยำมากที่สุดในแต่ละตัวแบบกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 และ ปี ค.ศ. 2009 จำนวน 132 ชุดข้อมูล

นอกจากนี้ได้มีการวิเคราะห์ผลเพิ่มเติมพบว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีการคิดคำนวณฤดูกาล (Seasonal) จะช่วยให้ตัวแบบอนุกรมเวลานั้นๆ สามารถพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานได้แม่นยำมากกว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่ไม่มีการคิดคำนวณฤดูกาล (Non-Seasonal) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถอนุมานเบื้องต้นได้ว่าข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานอาจจะมีลักษณะข้อมูลเป็นฤดูกาล (Seasonal) ดังแผนภูมิภาพที่ 4.15



ภาพที่ 4.15 แผนภูมิวงกลมเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างตัวแบบอนุกรมเวลาแบบฤดูกาลและตัวแบบอนุกรมเวลาแบบไม่มีฤดูกาล

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาเพื่อนำไปใช้พยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้าง (Available Bandwidth) โดยในงานนี้ได้นำเสนอตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) ซึ่งในส่วนของข้อมูลใช้ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่ถูกเผยแพร่โดย Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) ตั้งแต่ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 (SLAC National Accelerator Laboratory, 2018)

การดำเนินงานวิจัยได้แบ่งออกเป็นสองระยะ โดยการดำเนินงานวิจัยในระยะแรกเป็นศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) เพื่อค้นหาชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตัวแบบอนุกรมเวลาแต่ละตัวแบบแต่ละชุดข้อมูล ซึ่งใช้ค่าทางสถิติเอไอซี (Akaike Information Criterion - AIC) เป็นเกณฑ์วัดความเหมาะสมของชุดพารามิเตอร์ ในการเปรียบเทียบและเลือกชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ส่วนการดำเนินงานวิจัยในระยะที่สองจะเป็นการศึกษาการนำตัวแบบอนุกรมเวลาร่วมด้วยชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดซึ่งเป็นผลลัพธ์จากการดำเนินงานวิจัยในระยะแรกไปใช้ในการพยากรณ์ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาของค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth) ที่

เผยแพร่โดยสแล็ก (Stanford Linear Accelerator Center - SLAC) สองช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางของแต่ละตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 แบบ โดยตัวชี้วัดคุณภาพของตัวแบบอนุกรมเวลาในการพยากรณ์จะหมายถึงความแม่นยำในการพยากรณ์ค่าปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในอนาคต ซึ่งเครื่องมือชี้วัดประสิทธิภาพความแม่นยำที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE) โดยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยหากมีค่าน้อยจะหมายถึงผลการพยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย (ความแม่นยำสูง) แสดงว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้มีคุณภาพดีและเหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์กับข้อมูลปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth)

ผลการดำเนินงานวิจัยจะแสดงให้เห็นถึงการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับทุกชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทาง (Available Bandwidth) ทั้ง 4 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (FARIMA) และตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มาแบบฤดูกาล (SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) รวมถึงผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากทั้ง 4 ตัวแบบ และผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ของทั้ง 4 ตัวแบบ ด้วยค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error - RMSE)

## 5.1 สรุปผลที่ได้รับจากการวิจัย

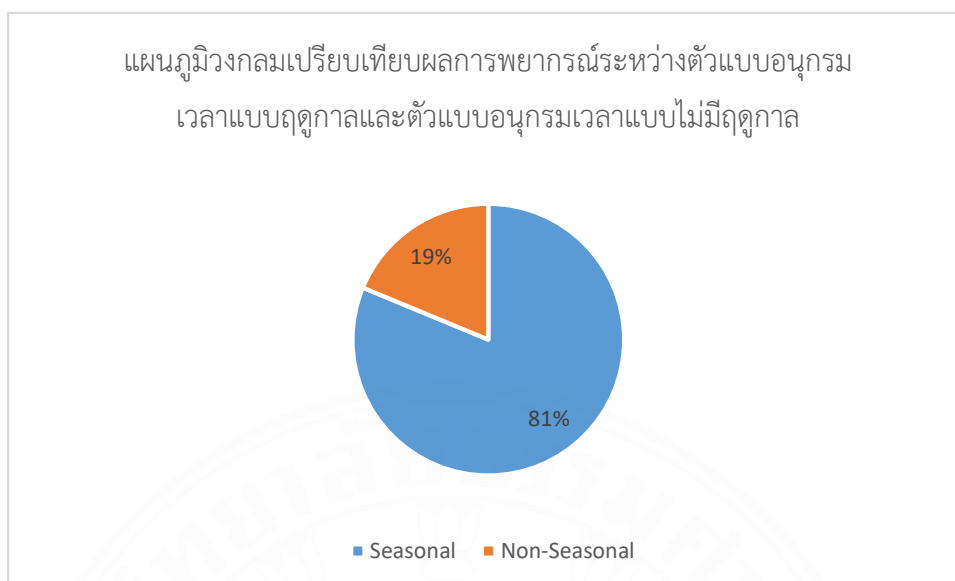
### 5.1.1 การสร้างตัวแบบอนุกรมเวลา

จากการวิจัยพบว่าการศึกษาในระยะแรก คือ การสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาทั้ง 4 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรม

เวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) กับข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทาง (Available Bandwidth) เผยแพร่โดย สแล็ก (Stanford Linear Accelerator Center - SLAC) สองช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงปลายเดือน มิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 ที่มีการบันทึกจากเครื่องต้นทาง (Stanford Linear Accelerator Center – SLAC) ไปยังเครื่องปลายทาง 34 เครื่อง และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 ที่มีการบันทึกจากเครื่องต้นทาง (Stanford Linear Accelerator Center – SLAC) ไปยังเครื่องปลายทาง 7 เครื่อง เครื่องละ 14 ชุดข้อมูลย่อย รวมทั้งหมดเป็น 132 ชุดข้อมูล สามารถสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมทั้งชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดให้กับทุกชุดข้อมูลใน ปี ค.ศ. 2009 จำนวน 98 ชุดข้อมูลได้ทั้งหมด มีเพียง 4 ชุดข้อมูลจากปี ค.ศ. 2004 เท่านั้นที่ไม่สามารถ สร้างตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมทั้งชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดได้ ซึ่งเกิดมาจากข้อมูลแบนด์วิดท์ที่ พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางมีค่าคงที่เป็นค่าเดียว ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (FARIMA) และตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (FARIMA(Reverse)) ทั้งหมดนี้สามารถสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานได้

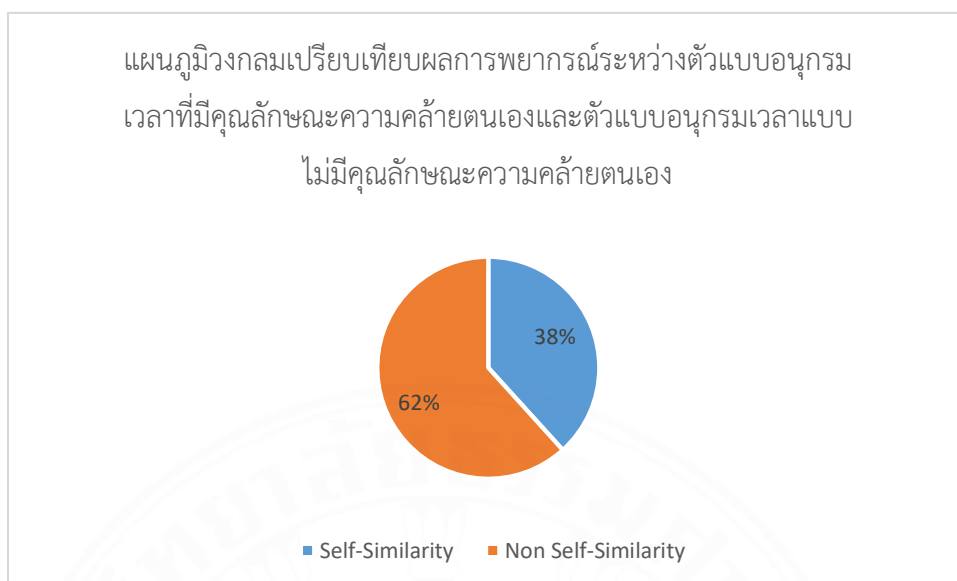
### 5.1.2 การพยากรณ์ข้อมูลและการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์

จากการวิเคราะห์ผลการพยากรณ์ของงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าตัวแบบอนุกรม เวลาทั้ง 4 แบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (FARIMA) และตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมาแบบฤดูกาล (SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (FARIMA (Reverse)) นี้สามารถพยากรณ์ ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ได้ ซึ่งเมื่อนำผลการพยากรณ์นั้นมา เปรียบเทียบเพื่อค้นหาความแม่นยำนั้นพบว่า ตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีการนำความเป็นฤดูกาลมาคิด คำนวณ (Seasonal) จะมีผลการพยากรณ์ที่แม่นยำกว่าตัวแบบที่ไม่คิดคำนวณความเป็นฤดูกาล (Non-Seasonal) ซึ่งคิดเป็น 81% จากชุดข้อมูลทั้งหมด ตามแผนภูมิภาพที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 แผนภูมิวงกลมเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างตัวแบบอนุกรมเวลาแบบฤดูกาลและตัวแบบอนุกรมเวลาแบบไม่มีฤดูกาล

เมื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ของตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีความคล้ายตนเอง (Self-Similar Model) กับตัวแบบที่ไม่มี ความคล้ายตนเอง (Non Self-Similar Model) ในงานวิจัยนี้พบว่า ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคล้ายตนเอง (Non Self-Similar Model) สามารถพยากรณ์ได้แม่นยำมากกว่าดังแผนภูมิภาพที่ 5.2 ซึ่งจากการศึกษาในส่วนของความคล้ายตนเอง (Self-Similar) นี้พบว่าการพยากรณ์ในรูปแบบอนุกรมเวลา (Time Series) หากใช้ตัวแบบที่มีคุณลักษณะความคล้ายตนเอง (Self-Similar Model) จะสามารถพยากรณ์ได้ดีและแม่นยำมากกว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่ไม่มีความคล้ายตนเอง (Non Self-Similar Model)



ภาพที่ 5.2 แผนภูมิวงกลมเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ระหว่างตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีคุณลักษณะความคล้ายตนเองและตัวแบบอนุกรมเวลาแบบไม่มีคุณลักษณะความคล้ายตนเอง

## 5.2 ข้อจำกัด

จากการศึกษาพบว่าข้อมูลปริมาณแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางจากเครื่องต้นทางไปยังเครื่องปลายทาง (end-to-end available bandwidth) นั้นมีอย่างจำกัดและไม่มีหน่วยงานใดเผยแพร่และให้บริการข้อมูลดังกล่าวนี้แล้วในปัจจุบัน โดยชุดข้อมูลที่สามารถค้นคว้าหาได้ถูกเผยแพร่โดยสแล็ก (Stanford Linear Accelerator Center - SLAC) ซึ่งชุดข้อมูลที่ได้รับมานี้เป็นข้อมูลที่ปัจจุบันที่สุดที่สามารถค้นคว้าได้คือ ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 ที่มีการบันทึกจากเครื่องต้นทาง (Stanford Linear Accelerator Center – SLAC) ไปยังเครื่องปลายทาง 34 เครื่อง และช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 ที่มีการบันทึกจากเครื่องต้นทาง (Stanford Linear Accelerator Center – SLAC) ไปยังเครื่องปลายทาง 7 เครื่อง ได้แก่ node-iepm-bw.caltech.ul-org, node-iepm-bw.cern.ch, node-node1.desy.de, node-node1.sdsc.edu, node-node1.triumf.ca, node-node1.utoronto.ca และ node-node7.slac.stanford.edu

จำนวนข้อมูลภายในชุดข้อมูลมีปริมาณที่น้อยเกินไป ในหนึ่งชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานในช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์จนถึงเดือนมีนาคมในปี ค.ศ. 2009 มีจำนวนข้อมูลในแต่ละชุดเฉลี่ยเพียง 710 ข้อมูล ซึ่งเมื่อนำมาผ่านกระบวนการจัดการข้อมูล (Data Preparation) แล้วพบว่าจะเหลือข้อมูลที่ใช้งานได้จริงเฉลี่ยเพียง 190 ข้อมูล จากปริมาณดังกล่าวถือว่าจำนวนข้อมูลที่สามารถใช้

งานได้นั้นค่อนข้างน้อยสำหรับการนำมาสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาและพยากรณ์ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งาน ซึ่งเป็นหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมและดี รวมไปถึงความคาดเคลื่อนในการพยากรณ์อาจจะสูงขึ้นทำให้ความแม่นยำนั้นลดน้อยลงไปด้วย

ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทาง (Available Bandwidth) ที่ต้องการนำมาสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาและพยากรณ์นั้น ไม่ควรเป็นข้อมูลที่มีค่าคงที่ค่าเดียวเนื่องจากจะส่งผลให้ไม่สามารถสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมให้ได้ เหมือนกับผลการทดลองกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางในช่วงปลายเดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนในปี ค.ศ. 2004 ทั้ง 4 ชุดข้อมูล ได้แก่ node1.cacr.caltech.edu, node1.jp.apan.net, node1.pd.infn.it, และ node1.triumf.ca ที่ข้อมูลภายในทั้ง 4 ชุดข้อมูลนี้มีค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางเป็นค่า 1000.00 เพียงค่าเดียว

ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่เหมาะต่อการนำไปใช้สร้างตัวแบบจะต้องมีคุณลักษณะที่สำคัญ 2 คุณลักษณะ ได้แก่ ความเท่ากันของคาบเวลาในการวัด และ คุณสมบัติคงที่ (Stationarity) ซึ่งข้อมูลที่ได้รับมาส่วนใหญ่ ไม่มีคุณลักษณะทั้งสองแบบดังกล่าว ทำให้ต้องมีขั้นตอนการจัดการข้อมูล (Data Preparation) ทุกชุดข้อมูลที่ได้รับซึ่งส่งผลให้ปริมาณข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้นลดลงไปเพื่อแลกกับการที่จะได้ชุดข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อนำไปสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาและพยากรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

จากข้อจำกัดที่ได้รับผลกระทบมากมายซึ่งเป็นอุปสรรคในการดำเนินงานวิจัยมากที่สุด คือ ชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทาง (Available Bandwidth) ที่จะนำมาใช้สร้างตัวแบบอนุกรมเวลาและพยากรณ์ ดังนั้น การจัดเก็บข้อมูล (Data Collection) ด้วยตนเองอาจจะส่งผลให้ได้รับชุดข้อมูลที่ดีขึ้น มีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมไปถึงมีจำนวนข้อมูลและชุดข้อมูลมากพอเพื่อทำให้การศึกษาการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาและการพยากรณ์เป็นไปได้ตามที่คาดหวังมากขึ้น

จากผลการทดลองทำให้พบเห็นได้ว่าการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) นั้นสามารถพยากรณ์ได้มีความแม่นยำสูงมากที่สุดจากการเปรียบเทียบกับตัวแบบอื่น รองลงมาเป็นตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์มา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving

Average - ARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) ตามลำดับ ซึ่งตัวแบบอนุกรมเวลาที่มีการคิดคำนวณเรื่องฤดูกาล (Seasonal) ด้วยนั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าตัวแบบอนุกรมเวลาที่ไม่มีการคิดคำนวณเรื่องฤดูกาล (Non-Seasonal) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งในส่วนนี้ต้องศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทาง (Available Bandwidth) และตัวแบบอนุกรมเวลาแบบฤดูกาลต่างๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ใช้ตัวแบบอนุกรมเวลาที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย 4 ตัวแบบ ได้แก่ ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - SFARIMA) หรือ ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) ในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทาง (Available Bandwidth) ซึ่งจากการค้นคว้าพบว่ามีตัวแบบอีกมากมายหลายตัวที่สามารถนำมาสร้างแล้วพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานได้อีกมากมายซึ่งอาจจะส่งผลที่ดีหรือแตกต่างออกไปได้ โดยอีกหนึ่งตัวแบบที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น คือ ตัวแบบอนุกรมเวลาเครือข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network - ANN)

## รายการอ้างอิง

### หนังสือและบทความในหนังสือ

- Alberto Montanari, Renzo Rosso, และ Murad S. Taqqu. (2000). *A seasonal fractional ARIMA Model applied to the Nile River monthly flows at Aswan*. Water Resources Research.
- Gyorgy Terdik. (2010). Long-range dependence and asymptotic self-similarity in third order. *Publicationes Mathematicae Debrecen* (หน้า 379–393). Debrecen, Hungary: Institute of Mathematics, University of Debrecen, Hungary.
- Yinan Xue, และ Miguel Rio. (2019). *Predicting TCP Throughput Using Time Series Forecasting*. London: Dept. of Electronic & Electrical Engineering, University College London.

### บทความวารสาร

- Fan Liu, และ Yong Deng. (2019). A Fast Algorithm for Network Forecasting Time Series. *IEEE Access ( Volume: 7)*, 102554 - 102560.
- Kai Liu, Yangquan Chen, และ Xi Zhang. (2017). An Application of the Seasonal Fractional ARIMA Model to the Semiconductor Manufacturing. *IFAC - PapersOnLine*, 8097 - 8102.
- Haakon Riiser, Tore Endestad, Paul Vigmostad, Carsten Griwodz, และ Pal Halvorsen. (2011). Video Streaming Using a Location-based Bandwidth-Lookup Service for Bitrate Planning. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*, 1 - 19.
- Jitendra Padhye, Victor Firoiu, Don Towsley, และ Jim Kurose. (1998). Modeling TCP Throughput: A Simple Model and its Empirical Validation. *Proceedings of the ACM SIGCOMM '98 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communication* (หน้า 303-314 ). Vancouver,

British Columbia, Canada: University of Massachusetts Amherst, MA, USA  
©1998.

Nandalal Rana, Krishna P Bhandari, และ Surendra Shrestha. (2017). Network Bandwidth Utilization Prediction Based on Observed SNMP Data. *Journal of the Institute of Engineering*, 160-168.

Roselyne Joyeux, และ Granger C. W J. (1980). An introduction to long-memory time series models and fractional differencing. *Journal of Time Series Analysis*, 1(1), 15-29.

Salem Belhaj, และ Moncef Tagina. (2009). Modeling and Prediction of the Internet End-to-end Delay using Recurrent Neural Networks. *JOURNAL OF NETWORKS*, 528 - 535.

Theyazn H. H. Aldhyani, และ Manish R. Joshi. (2017). Intelligent Time Series Model to Predict Bandwidth Utilization. *International Journal of Computer Science and Applications Technomathematics Research Foundation*, 130 - 141.

Thomas Karagiannis, Mart Molle, และ Michalis Faloutsos. (2004). Long-range dependence ten years of Internet traffic modeling. *IEEE Internet Computing* (หน้า 57 - 64). IEEE.

Vern Paxson, และ Sally Floyd. (Jun 1995). Wide area traffic: the failure of Poisson modeling. *IEEE/ACM Transactions on Networking* (หน้า 226 - 244). Ohio, USA: IEEE.

Wanida Putthividhya, Arka P Ghosh, และ Wallapak Tavanapong. (2008). Modeling of End-to-End Available Bandwidth in Wide Area Network. *2008 International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications* (หน้า 27-34). Sydney, NSW, Australia: IEEE.

นิตินัย รุ่งจินดารัตน์ และ นลินี พานสายตา. (2016). การพยากรณ์จำนวนนักท่องเที่ยวชาวรัสเซียที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทย. *Dusit Thani College Journal*, 180-191.

นิพนธ์ วงศ์จินดา. (2560). การเติบโตทางเศรษฐกิจและการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ส่วนภูมิภาคของประเทศไทย กรณีศึกษา: ภาคใต้ จังหวัดภูเก็ตและสงขลา. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 245-256.

อุมาวดี เดชธำรงค์ และ วิระพงษ์ จันทร์สนาม. (2018). การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาราคาปิดหุ้นของบริษัทจดทะเบียนด้วยตัวแบบ ARIMA. *Journal of Business, Economics and Communications*, 57-72.

### สื่ออิเล็กทรอนิกส์

Bob Nau. (2 July 2021). *Introduction to ARIMA: nonseasonal models*. เข้าถึงได้จาก Introduction to ARIMA: nonseasonal models: <https://people.duke.edu/~rnau/411arim.htm>

Mark Allman, Vern Paxson, และ Ethan Blanton. (February 2019). *RFC 5681 - TCP Congestion Control*. เข้าถึงได้จาก TCP Congestion Control: <https://tools.ietf.org/html/rfc5681>

PlanetLab. (20 January 2019). เข้าถึงได้จาก PlanetLab: <https://www.planet-lab.org/>

Ruslana Dalinina. (2 June 2021). *Introduction to Forecasting with ARIMA in R*. เข้าถึงได้จาก Oracle AI & Data Science Blog: <https://blogs.oracle.com/ai-and-datascience/post/introduction-to-forecasting-with-arima-in-r>

*SLAC WAN Bandwidth Measurement Tests for Monitoring Site IEPM-BW @ SLAC.STANFORD.EDU*. (16 September 2015). เข้าถึงได้จาก SLAC National Accelerator Laboratory: [http://www.slac.stanford.edu/comp/net/iepm-bw.slac.stanford.edu/slac\\_wan\\_bw\\_tests.html#iepm-bw.caltech.ul-org](http://www.slac.stanford.edu/comp/net/iepm-bw.slac.stanford.edu/slac_wan_bw_tests.html#iepm-bw.caltech.ul-org)

The Pennsylvania State University. (2 July 2021). *Statistics Online | STAT ONLINE*. เข้าถึงได้จาก 4.1 Seasonal ARIMA models | STAT 510: <https://online.stat.psu.edu/stat510/lesson/4/4.1>



## ภาคผนวก ก

### การจัดการข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานตลอดเส้นทางในข่ายงานบริเวณกว้าง

การจัดการข้อมูลเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุดก่อนนำชุดข้อมูลไปสร้างตัวแบบตามสมมติฐานการทดลอง โดยชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่เหมาะต่อการนำไปใช้สร้างตัวแบบจะต้องมีคุณลักษณะที่สำคัญ 2 คุณลักษณะ ดังนี้

(1) ความเท่ากันของคาบเวลาในการวัดค่าแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งาน กล่าวคือ ภายในชุดข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละชุด ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานของแต่ละเส้นทาง จะต้องถูกวัดที่คาบเวลาที่เท่ากัน หรือ มีความใกล้เคียงกัน เช่น มีการวัดแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานทุก ๆ 30 นาที, ทุก ๆ 1 ชั่วโมง, ทุก ๆ 1 วัน, ทุก ๆ 1 สัปดาห์, ทุก ๆ 1 เดือน หรือ ทุก ๆ 1 ปี เป็นต้น

(2) คุณสมบัติคงที่ (Stationarity) กล่าวคือ การตรวจสอบการเคลื่อนไหวของชุดข้อมูลอนุกรมเวลาต้องมีคุณสมบัติคงที่ หมายความว่า เป็นชุดข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย หรือค่าความคาดหวัง (Mean หรือ Expected Value) ค่าความแปรปรวน (Variance) และลักษณะของสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelations) ของข้อมูลต้องมีความคงที่ ซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่กับเวลาแต่จะขึ้นอยู่กับระยะหรือช่วงห่างของช่วงเวลา (Distance or Lag) หารูป เมื่อชุดข้อมูลอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ย ค่าความคาดหวังแปรปรวนคงที่แล้วจะส่งผลให้ชุดข้อมูลอนุกรมเวลาไม่มีแนวโน้ม (Trend) และฤดูกาล (Seasonal)

ชุดข้อมูลที่น่าไปพยากรณ์เป็นข้อมูลที่มีลักษณะไม่เหมาะสมจะส่งผลในเชิงลบต่อผลลัพธ์การพยากรณ์ได้ แต่หากข้อมูลที่ใช้มีคุณลักษณะที่เหมาะสมจะส่งผลให้การทายนั้นมีประสิทธิภาพไปด้วย ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะแสดงให้เห็นถึงวิธีการเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมและสามารถนำไปพยากรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ชุดข้อมูลที่ได้จะเป็นชุดข้อมูลดิบ (Raw data) ซึ่งก่อนที่จะเข้ากระบวนการจัดการข้อมูลชุดข้อมูลจะมีลักษณะดังภาพที่ ก.1 โดยในแต่ละชุดข้อมูลจะมีข้อมูลมากน้อยไม่เท่ากันแตกต่างกันไป ข้อมูลที่ยกตัวอย่างในภาพที่ ก.1 นี้จำนวนข้อมูลทั้งหมด 41,516 ข้อมูล โดยส่วนหัวตารางจะแสดงข้อมูลดังนี้

date	time	abw
02/23/200	4:42:11	456.68
02/23/200	4:43:59	375.87
02/23/200	5:10:39	472.45
02/23/200	5:13:32	311.73
02/23/200	5:43:32	420.08
02/23/200	6:11:37	383.75
02/23/200	6:40:53	422.01
02/23/200	7:11:23	316.61

ภาพที่ ก.1 ชุดข้อมูลดิบ (Raw data) ของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน

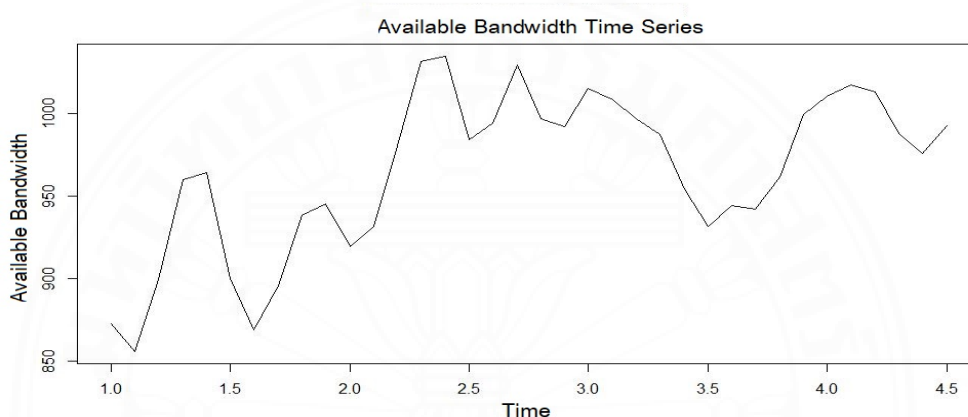
- date แสดง วันที่เก็บข้อมูล
- time แสดง เวลาที่เก็บข้อมูล
- abw แสดง ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่แล้วนั้นจะพบว่าข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลนี้มีความเท่ากันของคาบเวลาในการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานไม่เท่ากัน ซึ่งคุณสมบัติไม่ตรงตามข้อกำหนดที่ต้องการ นอกจากชุดข้อมูลที่ยกตัวอย่างแล้ว ชุดข้อมูลอื่นๆ นั้นมีลักษณะคล้ายกับชุดข้อมูลตัวอย่าง กล่าวคือ ไม่มีความเท่ากันของคาบเวลาในการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน จึงต้องการข้อมูลใหม่ ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการกรองและแบ่งความเท่ากันของคาบเวลาในการวัดค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานเป็นทุกๆ 30 นาที และมีค่าความคลาดเคลื่อน  $-/+ 10$  นาที ซึ่งผลหลังจากการผ่านกระบวนการจัดการข้อมูลด้วยการกรองแล้วผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงให้เห็นดังภาพที่ ก.2

date	time	abw
02/23/200	4:43:59	375.87
02/23/200	5:13:32	311.73
02/23/200	5:43:32	420.08
02/23/200	6:11:37	383.75
02/23/200	6:40:53	422.01
02/23/200	7:11:23	316.61
02/23/200	7:41:57	302.4
02/23/200	8:12:28	388.23

ภาพที่ ก.2 ชุดข้อมูลดิบ (Raw data) ของข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานหลังจากทำการกรองข้อมูลให้คาบเวลาในการวัดเป็นทุกๆ 30 นาที และมีค่าความคลาดเคลื่อน  $-/+ 10$  นาที

หลังจากนั้นนำข้อมูลที่กรองแล้วจากการจัดการข้อมูลขั้นตอนแรกไปทำการหาคุณสมบัติคงที่ (Stationarity) ซึ่งจะใช้โปรแกรม Rstudio ที่พัฒนาจากภาษาอาร์ (R) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้การตรวจสอบคุณสมบัติคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยการทดสอบเอดีเอฟ (Augmented Dickey–Fuller test หรือ ADF) เนื่องจากชุดข้อมูลที่ผู้วิจัยทำการทดลองมีจำนวนมากเพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการตรวจสอบคุณสมบัติคงที่ของข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่งสามารถทำได้โดยนำชุดข้อมูลไปตรวจสอบด้วยการทดสอบเอดีเอฟ



ภาพที่ ก.3 แสดงชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Non-seasonal)

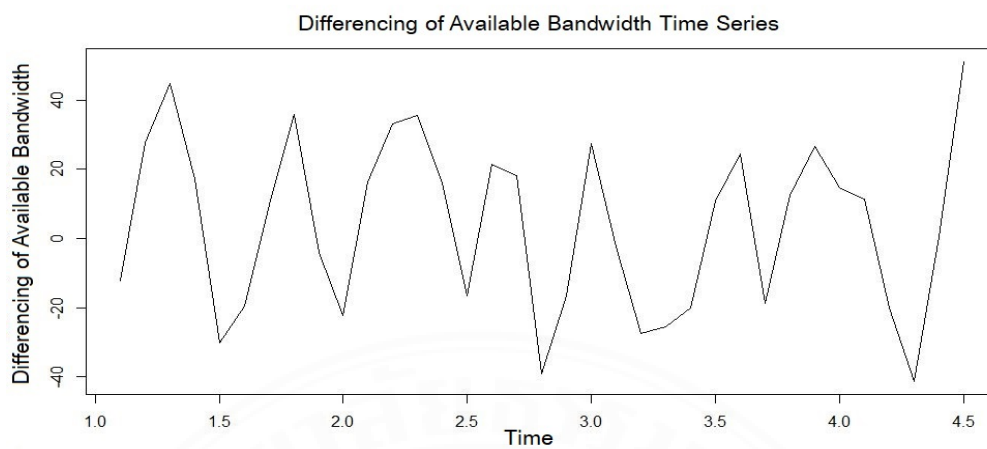
หลังจากนั้นสังเกตค่าพี (p-value) ว่ามีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ โดยค่าระดับนัยสำคัญที่ใช้ในงานวิจัยนี้เท่ากับ 0.05 หากค่าพีมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ จะหมายถึงชุดข้อมูลอนุกรมเวลายังไม่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) ดังภาพที่ ก.3 และ ก.4

#### Augmented Dickey-Fuller Test

```
data: pathchirp_ma
Dickey-Fuller = -1.8745, Lag order = 3, p-value = 0.622
alternative hypothesis: stationary
```

ภาพที่ ก.4 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่ยังมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ

สามารถแก้ไขได้โดยทำการหาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลา (Differencing) 1 ครั้งและนำข้อมูลที่ได้ทำการหาผลต่างเรียบร้อยแล้วไปตรวจสอบด้วยการทดสอบเอดีเอฟอีกครั้งหากผลของค่าพียังมีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญ ให้ทำการหาผลต่างซ้ำและทดสอบอีกครั้ง จนค่าพีมีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญแล้วจะหมายถึงข้อมูลอนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่พร้อมที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนถัดไปได้ ดังภาพที่ ก.5 และ ก.6



ภาพที่ ก.5 แสดงชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานแบบมีคุณสมบัติคงที่ (Seasonal)

#### Augmented Dickey-Fuller Test

```

data: pathchirp_d1
Dickey-Fuller = -5.1298, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

```

ภาพที่ ก.6 แสดงให้เห็นค่าพี (p-value) ที่มีค่าน้อยกว่าค่าระดับนัยสำคัญ

## ภาคผนวก ข

### การวิเคราะห์และเปรียบเทียบตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบหาตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมนั้นจะใช้ค่าสถิติเอไอซี (Akaike Information Criterion - AIC) เป็นเกณฑ์สำหรับเปรียบเทียบชุดพารามิเตอร์ ซึ่งค่าค่าสถิติเอไอซีต่ำที่สุดจะเป็นตัวบ่งบอกว่าค่าพารามิเตอร์หรือค่า  $p, d, q$  หรือ  $P, D, Q$  ที่เลือกมานั้น เป็นชุดพารามิเตอร์ของตัวแบบอนุกรมเวลานั้นที่สามารถอธิบายข้อมูลอนุกรมเวลาได้ดีและเหมาะสมที่สุดสำหรับชุดข้อมูลแบบดั้งเดิมที่พร้อมใช้งานนั้นๆ ซึ่งตัวโปรแกรมที่สร้างขึ้นที่ผู้วิจัยทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลา โดยพัฒนาจากโปรแกรมสำเร็จรูป R-Studio ซึ่งภายในโปรแกรมนี้อาจมีคลัง (Library) สำหรับการหาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด หลังจากนั้นจะทำการวนซ้ำโดยการเปลี่ยนชุดค่าพารามิเตอร์  $p, d, q$  และ  $P, D, Q$  ไปเรื่อย จนกว่าจะได้ตัวแบบอนุกรมเวลาพร้อมชุดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในโปรแกรมจะใช้ค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ดังภาพที่ ข.1 และ ข.2 เปรียบเทียบกัน ซึ่งจากข้อมูลตัวอย่างผลการทำงานของโปรแกรมจะเลือกตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) ในภาพที่ ข.1 ที่มีชุดพารามิเตอร์คือ  $(0,1,1)$  เหมาะสมกว่าตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (ARIMA) ในภาพที่ ข.2 ที่มีชุดพารามิเตอร์คือ  $(4,1,0)$  เนื่องจากค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่น้อยกว่า

```
ARIMA(0,1,1)
Coefficients:
      ma1
      -0.8127
s.e.      0.1093

sigma^2 estimated as 5712:  log likelihood=-229.8
AIC=463.59  AICc=463.92  BIC=466.97
```

ภาพที่ ข.1 ค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ของตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาพร้อมทั้งชุดพารามิเตอร์ ARIMA  $(0,1,1)$

```
ARIMA(4,1,0)
Coefficients:
      ar1      ar2      ar3      ar4
      -0.9708  -0.6996  -0.5431  -0.3191
s.e.      0.1499   0.2007   0.1982   0.1565

sigma^2 estimated as 5558:  log likelihood=-227.77
AIC=465.54  AICc=467.3   BIC=473.98
```

ภาพที่ ข.2 ค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ของตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาพร้อมทั้งชุดพารามิเตอร์ ARIMA  $(4,1,0)$

## ภาคผนวก ค

## ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสม

## ค.1 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) พร้อมทั้งพารามิเตอร์ (p,d,q) ที่เหมาะสม

ตารางที่ ค.1

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (p,d,q)	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.binp.nsk.su	ARIMA (1,0,3)	-360845.2
node1.cacr.caltech.edu	-	-
node1.cesnet.cz	ARIMA (1,1,1)	386070.1
node1.desy.de	ARIMA (0,1,3)	190884
node1.dl.ac.uk	ARIMA (4,1,1)	481081
node1.ece.rice.edu	ARIMA (4,1,1)	301264.2
node1.fnal.gov	ARIMA (1,1,3)	52035.6
node1.fzk.de	ARIMA (3,1,2)	567448.4
node1.in2p3.fr	ARIMA (3,1,1)	380163.7
node1.indiana.edu	ARIMA (5,2,0)	195045.8
node1.internet2.edu	ARIMA (1,1,2)	117108.6
node1.jp.apan.net	-	-
node1.kek.jp	ARIMA (1,0,1)	34014.98
node1.lbl.gov	ARIMA (0,1,5)	469008.6
node1.lsa.umich.edu	ARIMA (3,1,1)	388618.1
node1.mcs.anl.gov	ARIMA (4,1,2)	489196.7
node1.mib.infn.it	ARIMA (1,1,2)	128534.3
node1.niit.pk	ARIMA (2,0,2)	-28449.7

## ตารางที่ ค.2

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA ( $p,d,q$ )	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.nikhef.nl	ARIMA (2,1,1)	458353.3
node1.nslabs.ufl.edu	ARIMA (2,1,1)	391916.2
node1.pd.infn.it	-	-
node1.riken.go.jp	ARIMA (0,1,1)	383380.1
node1.sdsc.edu	ARIMA (2,1,1)	444060.8
node1.sox.i2.edu	ARIMA (0,1,4)	404790.3
node1.stanford.edu	ARIMA (0,1,1)	146166
node1.switch.ch	ARIMA (1,0,0)	479263.9
node1.triumf.ca	-	-
node1.uiuc.edu	ARIMA (1,1,1)	16625.59
node1.utdallas.edu	ARIMA (0,0,1)	330237.4
node2.ccs.ornl.gov	ARIMA (1,1,1)	430650.2
node2.cern.ch	ARIMA (4,1,1)	440993.7
node2.gsfc.nasa.gov	ARIMA (0,1,2)	390611.8
node2.nersc.gov	ARIMA (1,1,2)	479586.4
node2.nslabs.ufl.edu	ARIMA (1,1,1)	333545.6

## ตารางที่ ค.3

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (p,d,q)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	ARIMA (4,1,0)	190.18
2	ARIMA(1,1,2)	215.45
3	ARIMA(0,0,0)	540.13
4	ARIMA (0,0,1)	546.17
5	ARIMA (2,0,0)	554.57
6	ARIMA (0,0,1)	514.89
7	ARIMA (0,0,2)	437.35
8	ARIMA (3,1,0)	362.68
9	ARIMA (3,0,0)	344.28
10	ARIMA (2,0,2)	502.08
11	ARIMA (1,0,0)	428.93
12	ARIMA(2,0,2)	535.08
13	ARIMA (1,0,0)	500.94
14	ARIMA (0,0,1)	502.86

## ตารางที่ ค.4

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA ( $p,d,q$ )	ค่าเอไอซี (AIC)
1	ARIMA (1,1,0)	210.26
2	ARIMA (1,0,0)	487.57
3	ARIMA (0,0,1)	519.82
4	ARIMA (2,0,0)	496.29
5	ARIMA (0,0,1)	507.37
6	ARIMA (1,0,0)	502.01
7	ARIMA (2,0,0)	541.05
8	ARIMA (0,0,1)	393.45
9	ARIMA (1,0,1)	475.86
10	ARIMA (0,1,1)	518.52
11	ARIMA (1,0,0)	521.15
12	ARIMA (0,1,1)	538.79
13	ARIMA (2,1,1)	541.11
14	ARIMA (0,1,1)	487.58

## ตารางที่ ค.5

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA ( $p,d,q$ )	ค่าเอไอซี (AIC)
1	ARIMA (2,1,0)	231.64
2	ARIMA (0,1,1)	289.65
3	ARIMA (0,1,1)	299.25
4	ARIMA (1,0,0)	428.1
5	ARIMA (0,0,2)	436.15
6	ARIMA (0,0,2)	386.74
7	ARIMA (1,0,0)	370.07
8	ARIMA (1,1,0)	254.28
9	ARIMA (0,0,1)	244.1
10	ARIMA (0,0,1)	294.65
11	ARIMA (1,0,0)	338.36
12	ARIMA (0,0,1)	324.53
13	ARIMA (0,1,1)	297.56
14	ARIMA (1,0,0)	399.66

## ตารางที่ ค.6

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA ( $p,d,q$ )	ค่าเอไอซี (AIC)
1	ARIMA (0,0,1)	194.47
2	ARIMA (0,1,0)	344.49
3	ARIMA (0,1,0)	245.52
4	ARIMA (2,1,1)	326.06
5	ARIMA (1,1,0)	471.94
6	ARIMA (1,0,0)	406.1
7	ARIMA (1,0,0)	411
8	ARIMA (0,0,0)	262.17
9	ARIMA (1,0,0)	314.33
10	ARIMA (1,1,0)	332.03
11	ARIMA (0,0,1)	423.22
12	ARIMA (1,0,0)	431.88
13	ARIMA (0,0,1)	362.52
14	ARIMA (1,0,1)	426.08

## ตารางที่ ค.7

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (p,d,q)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	ARIMA (1,0,0)	341.93
2	ARIMA (0,1,0)	411.33
3	ARIMA (0,1,0)	512.78
4	ARIMA (0,0,1)	440.94
5	ARIMA (0,1,1)	470.36
6	ARIMA (1,1,0)	433.55
7	ARIMA (2,0,0)	373.45
8	ARIMA (0,1,1)	346.2
9	ARIMA (3,0,0)	384.61
10	ARIMA (0,1,0)	488.08
11	ARIMA (0,1,0)	400.07
12	ARIMA (0,1,0)	537.43
13	ARIMA (0,1,0)	478.65
14	ARIMA (0,0,0)	412.04

## ตารางที่ ค.8

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (p,d,q)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	ARIMA (1,0,0)	353.05
2	ARIMA (1,1,0)	448.7
3	ARIMA (1,1,0)	492.63
4	ARIMA (0,1,3)	477.12
5	ARIMA (0,1,1)	499.91
6	ARIMA (1,1,1)	485.96
7	ARIMA (0,1,1)	491.28
8	ARIMA (0,1,0)	340.19
9	ARIMA (1,1,0)	394.29
10	ARIMA (0,1,1)	476.4
11	ARIMA (0,0,1)	475.76
12	ARIMA (0,0,1)	487.89
13	ARIMA (1,1,1)	450.95
14	ARIMA (0,1,1)	433.4

## ตารางที่ ค.9

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ.2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA ( $p,d,q$ )	ค่าเอไอซี (AIC)
1	ARIMA (2,0,0)	374.57
2	ARIMA (1,0,0)	296.52
3	ARIMA (0,1,1)	434.21
4	ARIMA (0,1,1)	405.4
5	ARIMA (0,1,1)	382.8
6	ARIMA (0,0,0)	431.56
7	ARIMA (2,0,1)	425.34
8	ARIMA (0,1,0)	294.85
9	ARIMA (0,0,0)	305.76
10	ARIMA (1,1,1)	446.79
11	ARIMA (2,0,0)	411.89
12	ARIMA (0,1,1)	488.09
13	ARIMA (0,0,2)	385.52
14	ARIMA (0,1,2)	459.9

ค.2 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) พร้อมทั้งพารามิเตอร์ (p,d,q), (P,D,Q) และ [S] ที่เหมาะสม

ตารางที่ ค.10

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.binp.nsk.su	SARIMA (1,0,3) (0,0,1) [30]	-361563.8
node1.cacr.caltech.edu	-	-
node1.cesnet.cz	SARIMA (1,1,2) (2,0,1) [30]	387099.5
node1.desy.de	SARIMA (0,1,3) (2,0,1) [30]	191542.2
node1.dl.ac.uk	SARIMA (2,1,1) (1,0,0) [30]	482359.2
node1.ece.rice.edu	SARIMA (2,1,4) (1,0,1) [30]	302038.8
node1.fnal.gov	SARIMA (2,1,3) (1,0,1) [30]	53286.4
node1.fzk.de	SARIMA (2,1,1) (1,0,0) [30]	568802.9
node1.in2p3.fr	SARIMA (3,1,2) (0,0,1) [30]	381014.7
node1.indiana.edu	SARIMA (5,2,0) (0,0,2) [30]	195544.6
node1.internet2.edu	SARIMA (5,1,1) (0,0,0) [30]	117415.8
node1.jp.apan.net	-	-
node1.kek.jp	SARIMA (1,0,1) (1,0,0) [30]	35176.93
node1.lbl.gov	SARIMA (0,1,2) (2,0,0) [30]	470179.5
node1.lsa.umich.edu	SARIMA (0,1,4) (0,0,0) [30]	389972.3
node1.mcs.anl.gov	SARIMA (2,1,2) (1,0,0) [30]	490471.9
node1.mib.infn.it	SARIMA (3,1,1) (1,0,1) [30]	128854.5
node1.niit.pk	SARIMA (1,1,2) (0,0,1) [30]	-28497.63
node1.nikhef.nl	SARIMA (2,1,1) (0,0,1) [30]	459574.3

## ตารางที่ ค.11

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.nslabs.ufl.edu	SARIMA (2,1,1) (0,0,2) [30]	393064.7
node1.pd.infn.it	-	-
node1.riken.go.jp	SARIMA (2,1,0) (1,0,0) [30]	392433.3
node1.sdsc.edu	SARIMA (2,1,1) (0,0,0) [30]	445289.3
node1.sox.i2.edu	SARIMA (2,1,2) (1,0,0) [30]	405872.3
node1.stanford.edu	SARIMA (0,1,1) (0,0,1) [30]	146518.4
node1.switch.ch	SARIMA (1,0,0) (0,0,1) [30]	480519.9
node1.triumf.ca	-	-
node1.uiuc.edu	SARIMA (0,1,2) (2,0,0) [30]	16670.22
node1.utdallas.edu	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [30]	331087.3
node2.ccs.ornl.gov	SARIMA (1,1,1) (0,0,1) [30]	431796.9
node2.cern.ch	SARIMA (2,1,1) (1,0,0) [30]	442160.2
node2.gsfc.nasa.gov	SARIMA (2,1,3) (2,0,1) [30]	391742.5
node2.nersc.gov	SARIMA (1,1,2) (1,0,0) [30]	480855.8
node2.nslabs.ufl.edu	SARIMA (2,1,2) (1,0,0) [30]	334718.5

## ตารางที่ ค.12

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
1	SARIMA (3,1,0) (1,0,0) [6]	181.85
2	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [8]	325.17
3	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [15]	521.36
4	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [15]	537.05
5	SARIMA (2,0,0) (1,0,0) [14]	554.24
6	SARIMA (0,0,1) (1,0,0) [10]	509.51
7	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [12]	427.02
8	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [9]	359.71
9	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [9]	356.22
10	SARIMA (0,0,1) (1,0,0) [9]	502.14
11	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [12]	424.97
12	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [10]	552.91
13	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [13]	497.55
14	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [13]	501.39

## ตารางที่ ค.13

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
1	SARIMA (2,1,0) (0,0,0) [6]	206.68
2	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [13]	495.22
3	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [11]	514.08
4	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [10]	513.84
5	SARIMA (0,0,1) (0,0,1) [7]	505.58
6	SARIMA (0,0,1) (1,0,0) [15]	499.78
7	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [15]	533.29
8	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [6]	392.8
9	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [10]	458.76
10	SARIMA (1,1,1) (1,0,0) [10]	518.29
11	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [12]	518.51
12	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [10]	532.81
13	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [15]	522.85
14	SARIMA (1,1,0) (0,0,1) [10]	483.93

## ตารางที่ ค.14

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
1	SARIMA (2,1,0) (1,0,0) [7]	291.76
2	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [8]	355.63
3	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [8]	362.7
4	SARIMA (0,0,1) (0,0,1) [8]	480.7
5	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [12]	496.49
6	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [8]	438.78
7	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [10]	425.05
8	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [9]	304.69
9	SARIMA (0,0,1) (1,0,0) [8]	292.73
10	SARIMA (0,0,1) (1,0,0) [8]	356.79
11	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [11]	382.57
12	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [9]	389.31
13	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [10]	353.51
14	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [10]	456.3

## ตารางที่ ค.15

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
1	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [7]	257.04
2	SARIMA (0,1,0) (0,0,0) [7]	344.49
3	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [9]	315.04
4	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [11]	454.82
5	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [12]	455.42
6	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [10]	402.67
7	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [11]	404.47
8	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [6]	256.48
9	SARIMA (0,0,1) (0,0,1) [6]	312.97
10	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [10]	338.14
11	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [11]	419.86
12	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [10]	405.54
13	SARIMA (0,0,1) (1,0,0) [10]	357.95
14	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [12]	425.19

ตารางที่ ค.16

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์อีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์อีมาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
1	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [8]	352.85
2	SARIMA (0,1,0) (1,0,0) [12]	410
3	SARIMA (0,1,0) (0,0,1) [10]	507.04
4	SARIMA (2,0,0) (1,0,0) [10]	439.48
5	SARIMA (0,1,0) (1,0,0) [10]	462.86
6	SARIMA (1,1,0) (1,0,0) [10]	429.14
7	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [13]	369.63
8	SARIMA (2,1,0) (1,0,0) [10]	345.51
9	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [10]	381.38
10	SARIMA (0,1,0) (1,0,0) [12]	485.41
11	SARIMA (0,1,2) (1,0,0) [10]	382
12	SARIMA (1,1,0) (0,0,1) [7]	532.71
13	SARIMA (0,1,0) (0,0,1) [6]	474.8
14	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [12]	397.44

## ตารางที่ ค.17

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
1	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [10]	350.97
2	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [10]	446.1
3	SARIMA (1,1,0) (1,0,0) [10]	490.82
4	SARIMA (0,1,3) (1,0,0) [10]	473.69
5	SARIMA (2,1,0) (1,0,0) [12]	498.37
6	SARIMA (1,1,0) (1,0,0) [14]	485.86
7	SARIMA (3,1,0) (1,0,0) [14]	483.56
8	SARIMA (0,1,0) (1,0,0) [10]	334.1
9	SARIMA (1,1,0) (1,0,0) [10]	393.59
10	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [10]	474.67
11	SARIMA (0,0,1) (1,0,0) [12]	474.03
12	SARIMA (0,0,1) (1,0,0) [12]	481.03
13	SARIMA (0,1,2) (0,0,1) [10]	446.9
14	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [12]	426.75

## ตารางที่ ค.18

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (p,d,q) (P,D,Q) [S]	ค่าเอไอซี (AIC)
1	SARIMA (0,0,0) (0,0,1) [7]	374.71
2	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [5]	295.6
3	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [10]	431.11
4	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [12]	399.21
5	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [12]	377.96
6	SARIMA (1,0,0) (1,0,0) [12]	420.36
7	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [13]	416.98
8	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [9]	286.09
9	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [8]	295.26
10	SARIMA (0,1,1) (1,0,0) [12]	445.91
11	SARIMA (0,0,0) (1,0,0) [12]	407.24
12	SARIMA (1,1,0) (1,0,0) [12]	481.06
13	SARIMA (0,0,2) (1,0,0) [12]	383.12
14	SARIMA (0,1,2) (1,0,0) [12]	457.99

ค.3 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) พร้อมทั้งพารามิเตอร์ (p,d,q) ที่เหมาะสม

ตารางที่ ค.19

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.binp.nsk.su	FARIMA (1,0.48,5)	-6001.2
node1.cacr.caltech.edu	-	-
node1.cesnet.cz	FARIMA (4,0.04,0)	5768.097
node1.desy.de	FARIMA (5,0.17,1)	3224.818
node1.dl.ac.uk	FARIMA (1,0.25,0)	7156.591
node1.ece.rice.edu	FARIMA (3,0.40,3)	4718.687
node1.fnal.gov	FARIMA (3,0.002,5)	7031.972
node1.fzk.de	FARIMA (5,0.01,3)	7764.79
node1.in2p3.fr	FARIMA (2,0.14,5)	5823.7
node1.indiana.edu	FARIMA (1,0.17,1)	441.7068
node1.internet2.edu	FARIMA (1,0.10,5)	2064.598
node1.jp.apan.net	-	-
node1.kek.jp	FARIMA (4,0.01,4)	4853.68
node1.lbl.gov	FARIMA (5,0.17,5)	7126.931
node1.lsa.umich.edu	FARIMA (5,0.01,3)	7222.624
node1.mcs.anl.gov	FARIMA (5,0.31,1)	7470.712
node1.mib.infn.it	FARIMA (4,0.25,3)	1974.559
node1.niit.pk	FARIMA (5,0.27,5)	-353.8527
node1.nikhef.nl	FARIMA (1,0.38,4)	6712.904

## ตารางที่ ค.20

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.nslabs.ufl.edu	FARIMA (3,0.19,5)	6340.047
node1.pd.infn.it	-	-
node1.riken.go.jp	FARIMA (5,0.002,1)	5090.238
node1.sdsc.edu	FARIMA (5,0.09,5)	6830.259
node1.sox.i2.edu	FARIMA (2,0.24,5)	6106.846
node1.stanford.edu	FARIMA (1,0.09,2)	2032.401
node1.switch.ch	FARIMA (1,0.04,1)	7220.757
node1.triumf.ca	-	-
node1.uiuc.edu	FARIMA (2,0.32,4)	824.1229
node1.utdallas.edu	FARIMA (5,0.03,2)	4844.904
node2.ccs.ornl.gov	FARIMA (3,0.09,5)	6551.745
node2.cern.ch	FARIMA (3,0.34,1)	6707.266
node2.gsfc.nasa.gov	FARIMA (5,0.48,5)	6103.124
node2.nersc.gov	FARIMA (2,0.22,4)	7347.225
node2.nslabs.ufl.edu	FARIMA (0,0.32,0)	6691.746

## ตารางที่ ค.21

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (1,0.33,3)	48.99422
2	FARIMA (5,0.49,4)	69.92893
3	FARIMA (6,0.40,5)	290.375
4	FARIMA (4,0.30,2)	414.449
5	FARIMA (1,0.000045,0)	447.8042
6	FARIMA (4,0.30,3)	336.3697
7	FARIMA (4,0.40,5)	173.06
8	FARIMA (3,0.39,4)	190.0871
9	FARIMA (0,0.0006,4)	254.0496
10	FARIMA (3,0.44,3)	348.4423
11	FARIMA (2,0.0000583,1)	323.3635
12	FARIMA (2,0.33,3)	384.9956
13	FARIMA (0,0.0000458,4)	366.0491
14	FARIMA (1,0.30,3)	357.5588

## ตารางที่ ค.22

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง *iepm-bw.cern.ch* จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง <i>iepm-bw.cern.ch</i> 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA ( $p,d,q$ )   $d = (0 - 0.5)$	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (1,0.49,3)	66.82415
2	FARIMA (3,0.42,3)	317.7461
3	FARIMA (3,0.35,3)	394.2576
4	FARIMA (3,0.44,2)	396.9866
5	FARIMA (4,0.30,4)	337.1401
6	FARIMA (1,0.48,6)	375.3374
7	FARIMA (0,0.05,2)	417.6456
8	FARIMA (3,0.38,3)	216.4782
9	FARIMA (0,0.09,0)	364.0603
10	FARIMA (0,0.22,0)	420.7221
11	FARIMA (4,0.40,3)	353.9411
12	FARIMA (2,0.30,4)	375.2288
13	FARIMA (0,0.31,2)	421.8279
14	FARIMA (1,0.41,5)	370.9865

## ตารางที่ ค.23

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA ( $p,d,q$ )   $d = (0 - 0.5)$	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (3,0.49,2)	129.0607
2	FARIMA (3,0.49,2)	195.9775
3	FARIMA (2,0.35,2)	188.3754
4	FARIMA (5,0.34,2)	297.9223
5	FARIMA (3,0.49,3)	303.3053
6	FARIMA (0,0.47,3)	306.2142
7	FARIMA (2,0.30,4)	294.7385
8	FARIMA (1,0.22,3)	204.5049
9	FARIMA (0,0.05,1)	189.0266
10	FARIMA (2,0.38,4)	174.286
11	FARIMA (5,0.38,2)	226.0122
12	FARIMA (2,0.17,5)	268.9756
13	FARIMA (1,0.40,2)	244.7372
14	FARIMA (1,0.46,4)	350.44

## ตารางที่ ค.24

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (2,0.19,2)	121.457
2	FARIMA (1,0.19,1)	204.6755
3	FARIMA (2,0.27,4)	137.5245
4	FARIMA (3,0.41,4)	269.5407
5	FARIMA (2,0.48,5)	288.4471
6	FARIMA (3,0.31,4)	230.4024
7	FARIMA (5,0.33,1)	262.8514
8	FARIMA (0,0.49,5)	133.5754
9	FARIMA (5,0.0000458,0)	208.2671
10	FARIMA (2,0.38,4)	156.253
11	FARIMA (4,0.19,1)	295.3414
12	FARIMA (3,0.41,3)	284.1709
13	FARIMA (3,0.31,3)	183.1718
14	FARIMA (0,0.15,5)	314.4849

## ตารางที่ ค.25

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (2,0.38,3)	213.4695
2	FARIMA (1,0.19,1)	325.2372
3	FARIMA (0,0.36,5)	417.641
4	FARIMA (4,0.42,3)	277.1907
5	FARIMA (4,0.40,5)	314.4569
6	FARIMA (1,0.17,4)	337.3197
7	FARIMA (0,0.114,3)	286.2757
8	FARIMA (2,0.30,4)	240.5944
9	FARIMA (1,0.30,4)	257.174
10	FARIMA (4,0.49,5)	328.1339
11	FARIMA (3,0.33,2)	280.3541
12	FARIMA (0,0.46,0)	448.48
13	FARIMA (0,0.42,1)	382.3445
14	FARIMA (2,0.49,4)	267.2612

## ตารางที่ ค.26

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA ( $p,d,q$ )   $d = (0 - 0.5)$	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (1,0.08,1)	256.025
2	FARIMA (2,0.38,3)	277.0291
3	FARIMA (2,0.49,4)	330.8043
4	FARIMA (1,0.33,1)	381.4684
5	FARIMA (5,0.007,1)	387.9701
6	FARIMA (2,0.19,3)	388.229
7	FARIMA (4,0.38,4)	300.506
8	FARIMA (3,0.00000458,1)	198.7693
9	FARIMA (2,0.00000458,5)	315.8402
10	FARIMA (1,0.05,5)	388.6949
11	FARIMA (1,0.22,1)	345.023
12	FARIMA (0,0.008,5)	393.1765
13	FARIMA (5,0.49,2)	286.1366
14	FARIMA (4,0.42,2)	290.7089

## ตารางที่ ค.27

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา FARIMA ( $p,d,q$ )   $d = (0 - 0.5)$	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (3,0.49,2)	215.8814
2	FARIMA (3,0.32,2)	146.4928
3	FARIMA (5,0.44,4)	219.17
4	FARIMA (3,0.38,2)	260.5922
5	FARIMA (1,0.07,4)	296.0588
6	FARIMA (4,0.49,2)	265.6556
7	FARIMA (3,0.33,3)	260.2108
8	FARIMA (2,0.34,4)	108.7277
9	FARIMA (5,0.34,1)	164.7349
10	FARIMA (3,0.41,3)	310.7503
11	FARIMA (2,0.17,5)	185.2299
12	FARIMA (1,0.33,3)	361.0054
13	FARIMA (1,0.40,4)	278.1006
14	FARIMA (0,0.14,1)	359.908

ค.4 ผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) – FARIMA) พร้อมทั้งพารามิเตอร์ (p,d,q) ที่เหมาะสม

ตารางที่ ค.28

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุด กับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.binp.nsk.su	FARIMA (1,0.16,0)	-5862.639
node1.cacr.caltech.edu	-	-
node1.cesnet.cz	FARIMA (5,0.42,5)	5714.807
node1.desy.de	FARIMA (4,0.16,2)	3219.974
node1.dl.ac.uk	FARIMA (5,0.39,3)	7158.448
node1.ece.rice.edu	FARIMA (4,0.48,5)	4654.239
node1.fnal.gov	FARIMA (5,0.38,5)	6977.583
node1.fzk.de	FARIMA (3,0.19,0)	7759.456
node1.in2p3.fr	FARIMA (3,0.38,5)	5765.521
node1.indiana.edu	FARIMA (5,0.23,1)	447.2837
node1.internet2.edu	FARIMA (5,0.16,5)	2074.13
node1.jp.apan.net	-	-
node1.kek.jp	FARIMA (5,0.46,5)	4790.385
node1.lbl.gov	FARIMA (2,0.30,5)	7129.468
node1.lsa.umich.edu	FARIMA (4,0.41,3)	7249.37
node1.mcs.anl.gov	FARIMA (2,0.000055,3)	7474.48
node1.mib.infn.it	FARIMA (2,0.41,4)	1955.071
node1.niit.pk	FARIMA (0,0.27,0)	-354.4118
node1.nikhef.nl	FARIMA (5,0.07,4)	6708.365

## ตารางที่ ค.29

ตารางแสดงผลการสร้า้งตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุด กับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 จำนวนทั้งหมด 34 ชุดข้อมูล (ต่อ)

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2004 / 34 ชุดข้อมูล		
เครื่องปลายทาง (Node)	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
node1.nslabs.ufl.edu	FARIMA (4,0.49,4)	6287.289
node1.pd.infn.it	-	-
node1.riken.go.jp	FARIMA (5,0.26,5)	5026.871
node1.sdsc.edu	FARIMA (2,0.20,4)	6883.145
node1.sox.i2.edu	FARIMA (1,0.18,3)	6156.708
node1.stanford.edu	FARIMA (5,0.08,4)	2041.338
node1.switch.ch	FARIMA (5,0.000074,5)	7222.767
node1.triumf.ca	-	-
node1.uiuc.edu	FARIMA (4,0.26,4)	821.9493
node1.utdallas.edu	FARIMA (2,0.27,4)	4785.513
node2.ccs.ornl.gov	FARIMA (4,0.40,4)	6481.914
node2.cern.ch	FARIMA (3,0.35,5)	6701.958
node2.gsfc.nasa.gov	FARIMA (4,0.49,5)	6120.799
node2.nersc.gov	FARIMA (3,0.35,4)	7297.3
node2.nslabs.ufl.edu	FARIMA (5,0.17,1)	6643.655

## ตารางที่ ค.30

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุด กับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (4,0.11,0)	-517.4565
2	FARIMA (4,0.48,2)	141.6984
3	FARIMA (5,0.46,5)	304.6035
4	FARIMA (3,0.31,2)	422.3424
5	FARIMA (2,0.15,0)	445.7694
6	FARIMA (1,0.01,3)	411.3442
7	FARIMA (6,0.44,2)	251.127
8	FARIMA (4,0.33,2)	200.8374
9	FARIMA (4,0.0000458,1)	263.8302
10	FARIMA (2,0.49,3)	352.9663
11	FARIMA (3,0.45,5)	242.3177
12	FARIMA (2,0.0003,5)	342.1749
13	FARIMA (4,0.000054,0)	381.0057
14	FARIMA (2,0.40,4)	367.5987

## ตารางที่ ค.31

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (0,0.0000458,4)	77.82356
2	FARIMA (2,0.30,3)	312.2257
3	FARIMA (6,0.0000458,1)	433.2451
4	FARIMA (2,0.39,5)	369.6029
5	FARIMA (4,0.32,1)	371.7666
6	FARIMA (3,0.49,3)	329.8926
7	FARIMA (2,0.45,5)	367.836
8	FARIMA (0,0.31,3)	273.261
9	FARIMA (1,0.07,1)	369.8632
10	FARIMA (3,0.49,2)	369.4526
11	FARIMA (4,0.38,1)	377.3214
12	FARIMA (6,0.35,3)	379.7819
13	FARIMA (4,0.32,2)	387.598
14	FARIMA (2,0.42,2)	323.1306

## ตารางที่ ค.32

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (3,0.49,3)	130.5535
2	FARIMA (0,0.000071,4)	249.8412
3	FARIMA (0,0.19,5)	257.9953
4	FARIMA (3,0.48,2)	308.5101
5	FARIMA (2,0.33,2)	330.1913
6	FARIMA (0,0.16,4)	317.0217
7	FARIMA (4,0.30,1)	287.4221
8	FARIMA (3,0.08,2)	203.7848
9	FARIMA (2,0.0000458,0)	190.3715
10	FARIMA (2,0.07,1)	254.455
11	FARIMA (2,0.0000458,1)	284.0294
12	FARIMA (3,0.41,1)	245.6049
13	FARIMA (4,0.33,1)	230.6543
14	FARIMA (0,0.01,1)	353.4526

## ตารางที่ ค.33

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (5,0.42,3)	51.3307
2	FARIMA (0,0.31,0)	234.86
3	FARIMA (5,0.30,1)	178.3962
4	FARIMA (2,0.27,5)	275.8875
5	FARIMA (1,0.48,5)	320.12
6	FARIMA (6,0.35,3)	194.2753
7	FARIMA (3,0.40,3)	238.897
8	FARIMA (2,0.48,2)	86.23763
9	FARIMA (4,0.0000458,0)	205.384
10	FARIMA (0,0.11,0)	238.0431
11	FARIMA (1,0.19,5)	307.3584
12	FARIMA (3,0.42,2)	259.7826
13	FARIMA (2,0.46,3)	191.979
14	FARIMA (4,0.47,2)	300.8713

## ตารางที่ ค.34

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (3,0.49,5)	203.5992
2	FARIMA (3,0.38,4)	265.1966
3	FARIMA (2,0.46,5)	352.3286
4	FARIMA (3,0.49,3)	277.7732
5	FARIMA (3,0.30,3)	343.8542
6	FARIMA (0,0.27,1)	355.2459
7	FARIMA (2,0.33,3)	275.1528
8	FARIMA (1,0.49,2)	232.3608
9	FARIMA (2,0.48,4)	216.5916
10	FARIMA (5,0.49,4)	345.6005
11	FARIMA (4,0.32,2)	279.2819
12	FARIMA (3,0.45,4)	368.6306
13	FARIMA (0,0.46,0)	383.7764
14	FARIMA (3,0.00000458,3)	329.3056

## ตารางที่ ค.35

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟาร์ริมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (2,0.34,4)	193.5235
2	FARIMA (0,0.21,2)	340.5926
3	FARIMA (4,0.05,1)	397.4393
4	FARIMA (0,0.28,2)	382.1591
5	FARIMA (1,0.02,5)	415.4212
6	FARIMA (5,0.30,1)	354.2556
7	FARIMA (5,0.39,4)	336.8647
8	FARIMA (1,0.00000458,4)	195.4633
9	FARIMA (5,0.00000458,4)	312.7437
10	FARIMA (5,0.33,4)	320.9349
11	FARIMA (0,0.29,0)	383.0764
12	FARIMA (2,0.49,3)	344.063
13	FARIMA (4,0.42,4)	287.8334
14	FARIMA (3,0.12,3)	344.6017

## ตารางที่ ค.36

ตารางแสดงผลการสร้างตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) - FARIMA) และค่าทางสถิติเอไอซี (AIC) ที่เหมาะสมที่สุดกับชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu จำนวนทั้งหมด 14 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu 14 ชุดข้อมูล		
ชุดที่	ตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (p,d,q)   d = (0 - 0.5)	ค่าเอไอซี (AIC)
1	FARIMA (4,0.46,1)	246.889
2	FARIMA (1,0.46,3)	151.0445
3	FARIMA (3,0.36,4)	260.1276
4	FARIMA (2,0.41,3)	260.0721
5	FARIMA (2,0.49,3)	236.4216
6	FARIMA (2,0.34,3)	296.9911
7	FARIMA (2,0.45,3)	257.5857
8	FARIMA (3,0.47,5)	112.5079
9	FARIMA (2,0.05,4)	39.10062
10	FARIMA (2,0.45,2)	72.67926
11	FARIMA (3,0.30,4)	79.35526
12	FARIMA (2,0.49,4)	117.5435
13	FARIMA (4,0.31,5)	48.94672
14	FARIMA (3,0.01,1)	81.29445

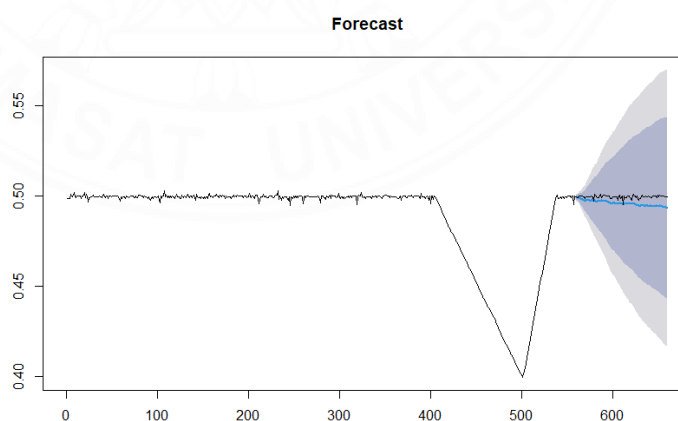
## ภาคผนวก ง

## ผลการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน

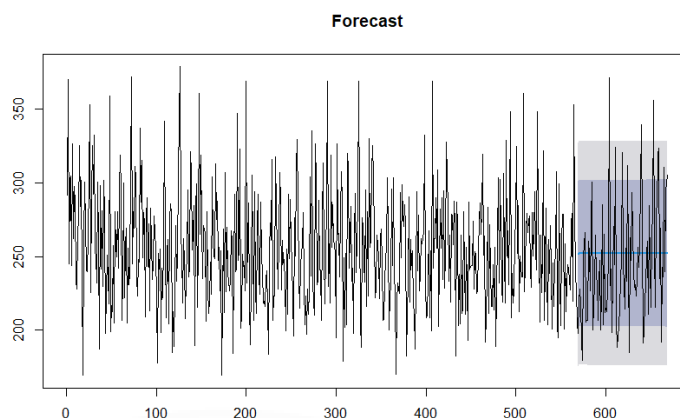
การแสดงผลการพยากรณ์จะแสดงด้วยแผนภูมิเส้นบนระบบพิกัดฉาก โดยมีกำหนดส่วนต่างๆ ของแผนภูมิดังนี้

- แกนนอน (horizontal axis) เป็นแกน X แสดงข้อมูลดัชนีตามลำดับแทนเวลาที่เก็บได้ใน ณ ขณะนั้น (Time Serise Index)
- แกนตั้ง (vertical axis) เป็นแกน Y แสดงข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งาน (Available Bandwidth) ที่เก็บได้ใน ณ ขณะนั้น
- เส้นสีดำ แสดงข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานของชุดข้อมูลนั้น
- เส้นสีน้ำเงิน แสดงค่าเฉลี่ย (Mean) ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานที่พยากรณ์ได้
- พื้นที่สีน้ำเงิน แสดงช่วงของข้อมูลที่สามารถพยากรณ์ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานได้ โดยมีค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้อยู่ที่ 90%
- พื้นที่สีเทา แสดงช่วงของข้อมูลที่สามารถพยากรณ์ค่าแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานได้ โดยมีค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้อยู่ที่ 85%

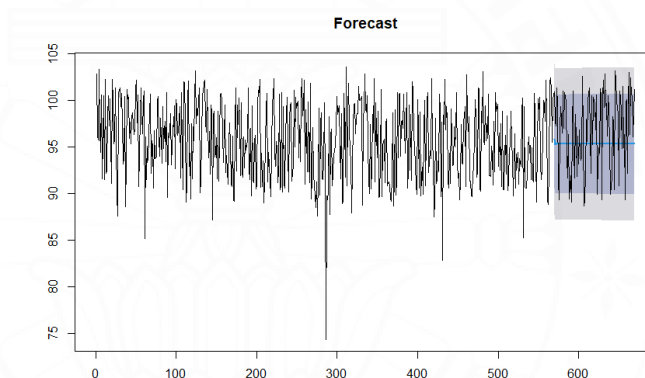
### ง.1 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA)



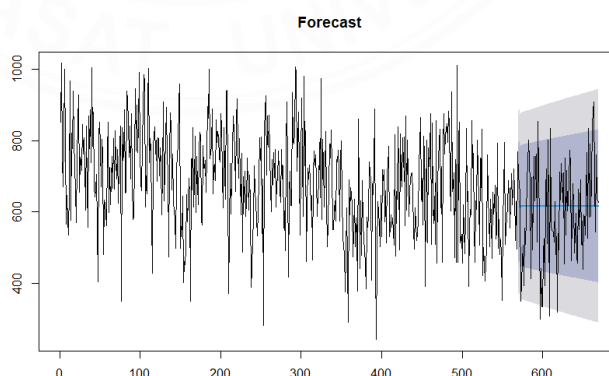
ภาพที่ ง.1 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,0,3)



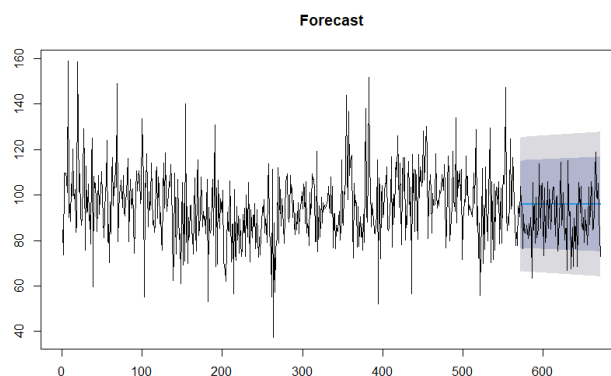
ภาพที่ ง.2 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.cesnet.cz ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,1)



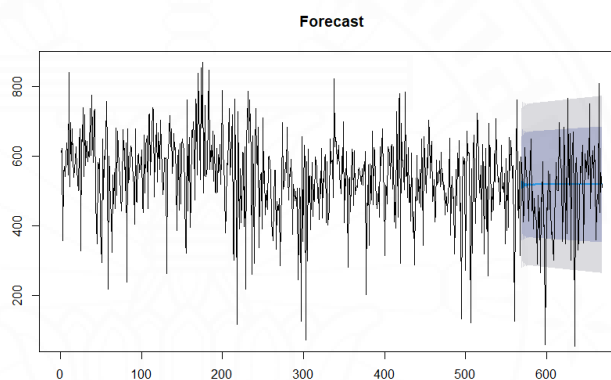
ภาพที่ ง.3 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,1,3)



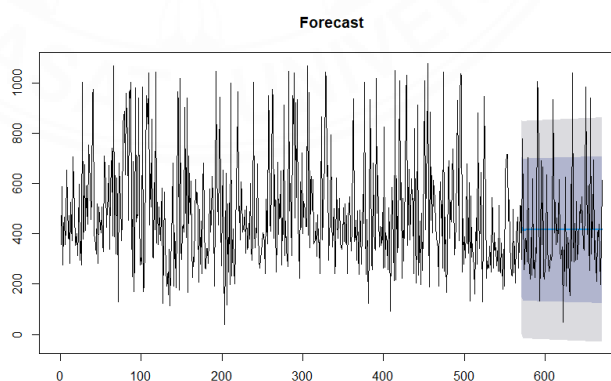
ภาพที่ ง.4 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.dl.ac.uk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (4,1,1)



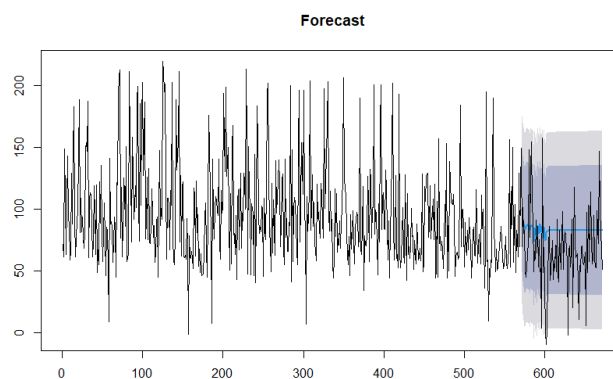
ภาพที่ ง.5 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.ece.rice.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (4,1,1)



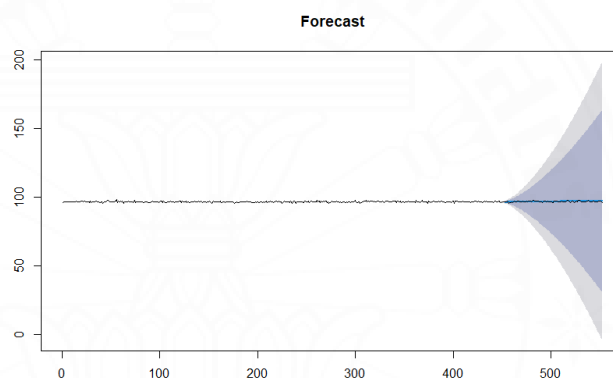
ภาพที่ ง.6 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.fnal.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,3)



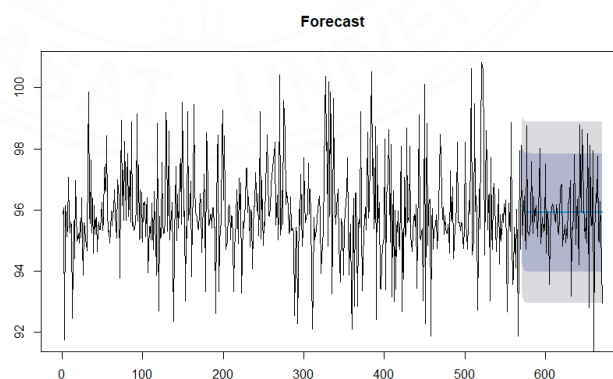
ภาพที่ ง.7 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.fzk.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (3,1,2)



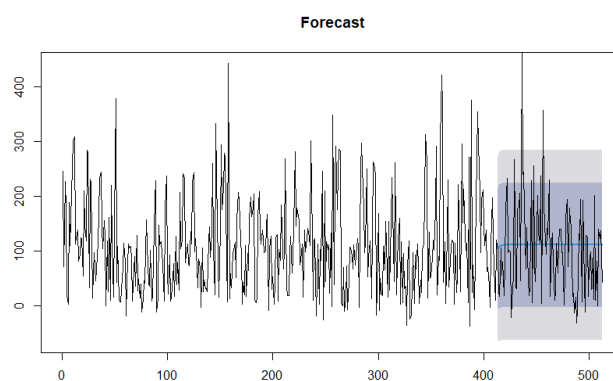
ภาพที่ ง.8 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.in2p3.fr ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (3,1,1)



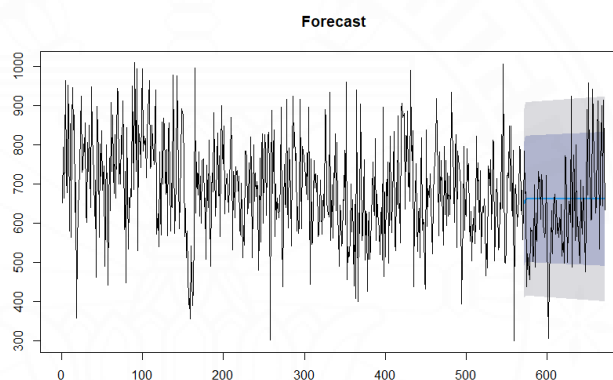
ภาพที่ ง.9 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.indiana.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (5,2,0)



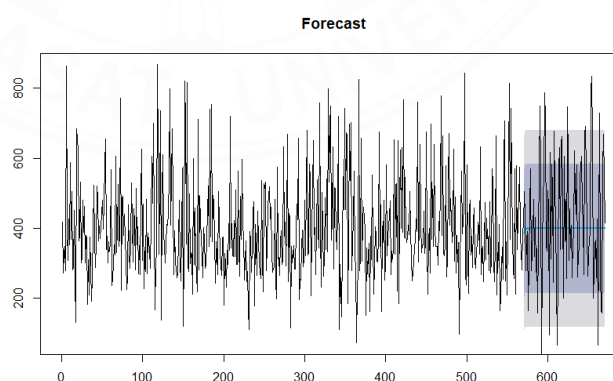
ภาพที่ ง.10 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.internet2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,2)



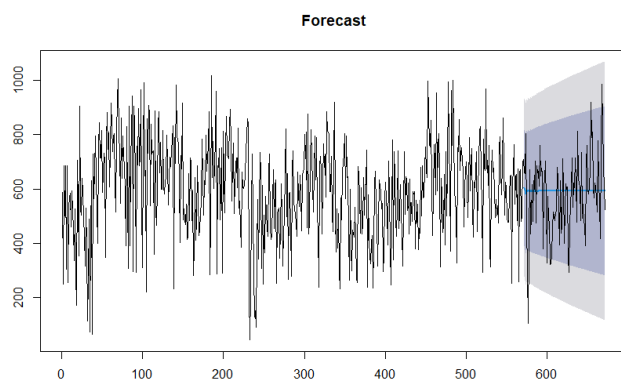
ภาพที่ ง.11 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.kek.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,1)



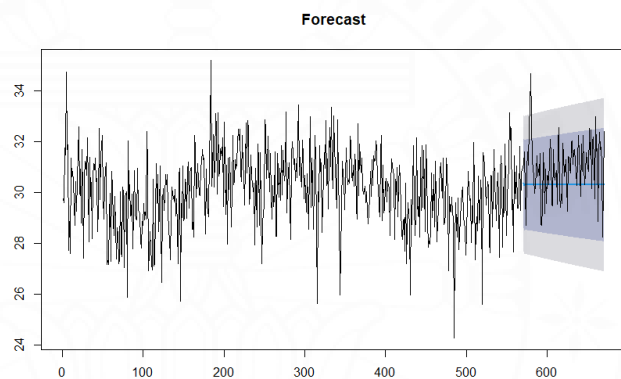
ภาพที่ ง.12 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.lbl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,5)



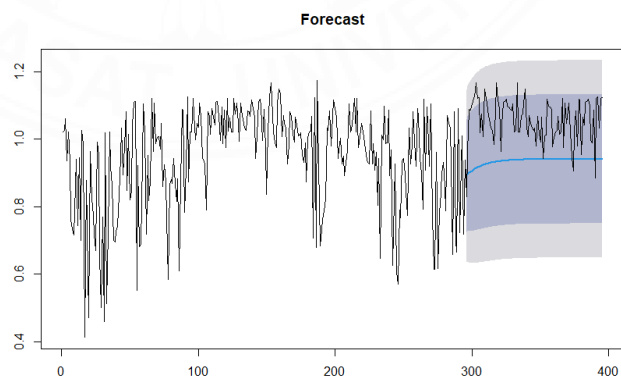
ภาพที่ ง.13 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.lsa.umich.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (3,1,1)



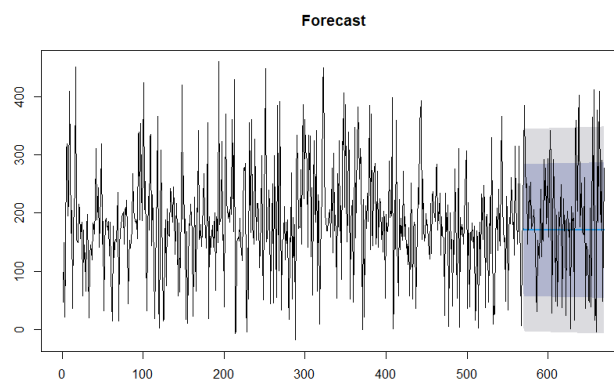
ภาพที่ ง.14 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.mcs.anl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (4,1,2)



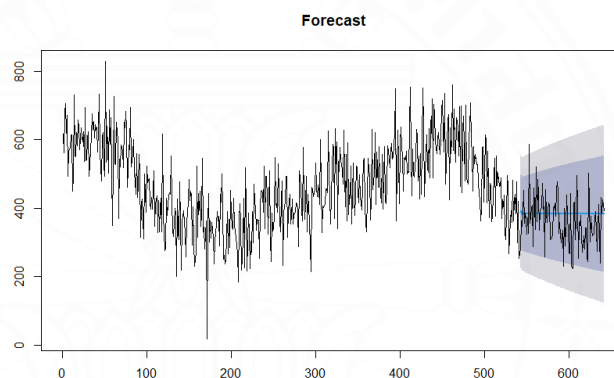
ภาพที่ ง.15 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.mib.infn.it ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,1,2)



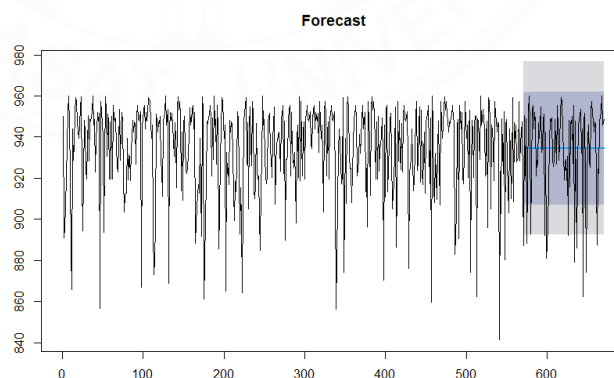
ภาพที่ ง.16 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.niit.pk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,0,2)



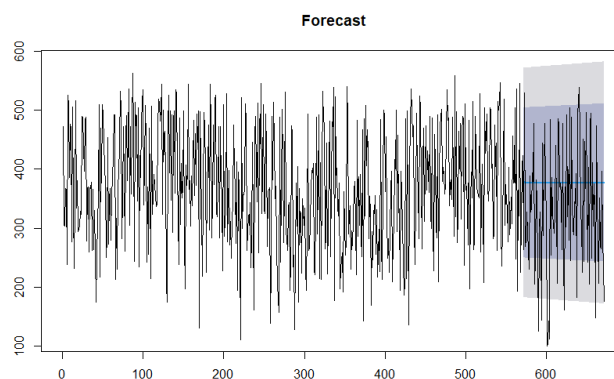
ภาพที่ ง.17 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.nikhef.nl ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,1,1)



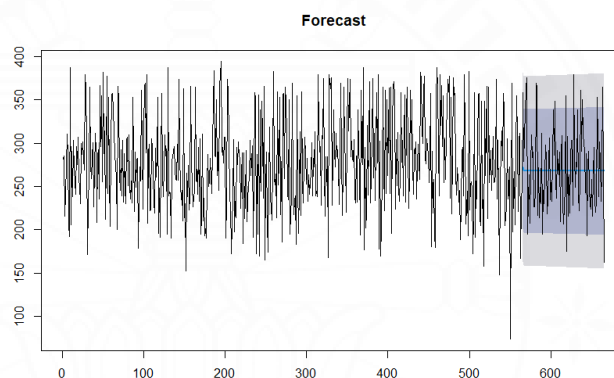
ภาพที่ ง.18 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,1,1)



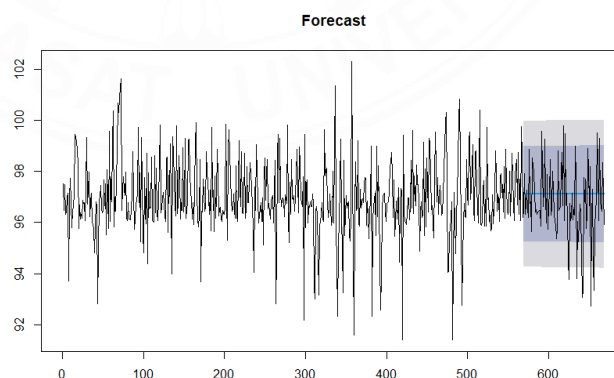
ภาพที่ ง.19 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.riken.go.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)



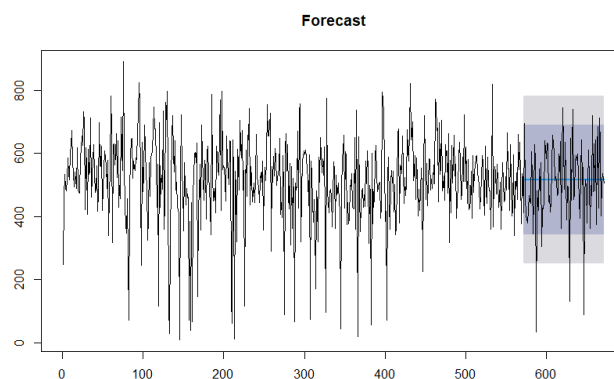
ภาพที่ ง.20 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,1,1)



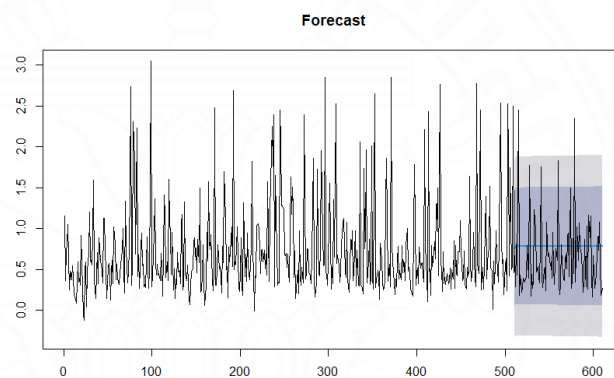
ภาพที่ ง.21 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.sox.i2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,4)



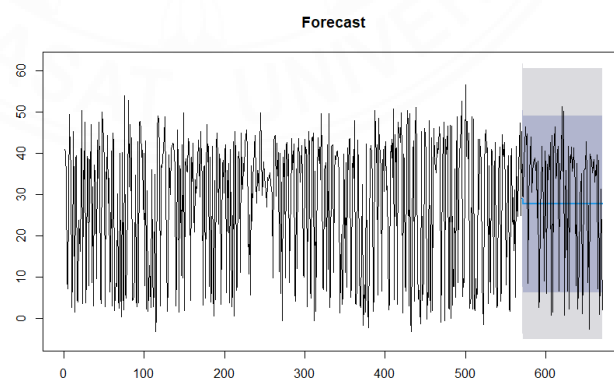
ภาพที่ ง.22 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.stanford.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)



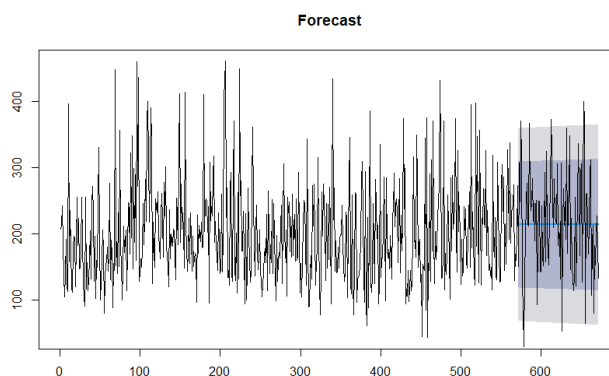
ภาพที่ ง.23 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.switch.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,0,0)



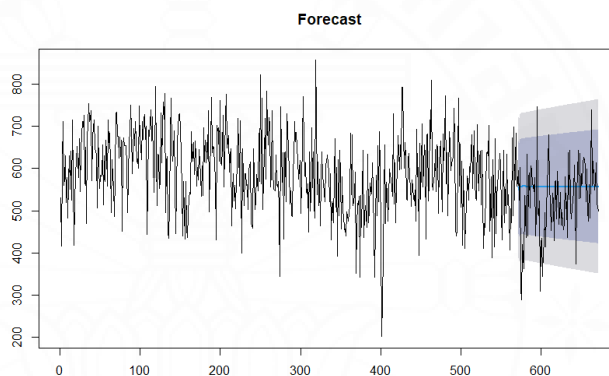
ภาพที่ ง.24 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.uiuc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,1)



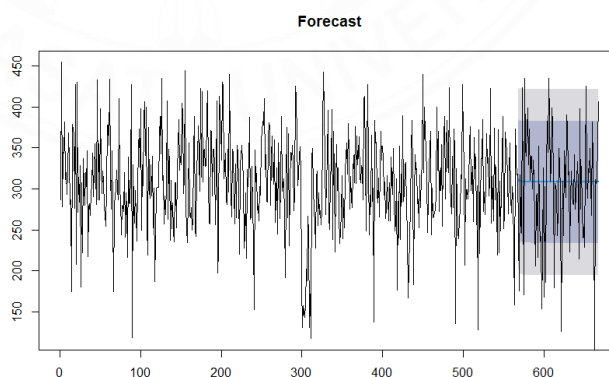
ภาพที่ ง.25 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.utdallas.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,0,1)



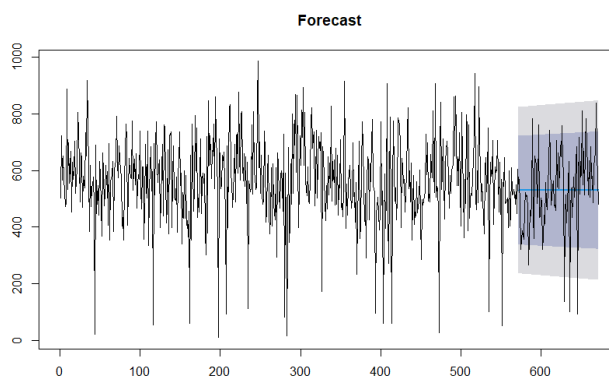
ภาพที่ ง.26 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.ccs.ornl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,1)



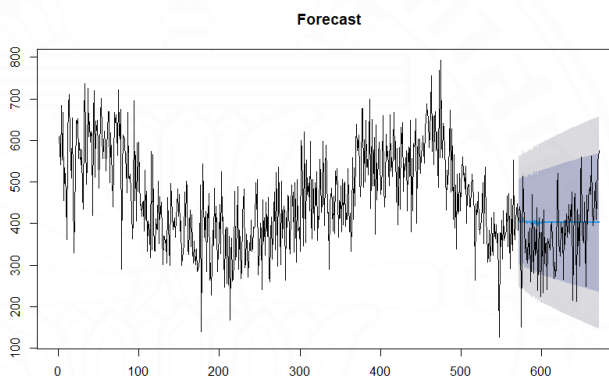
ภาพที่ ง.27 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.cern.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (4,1,1)



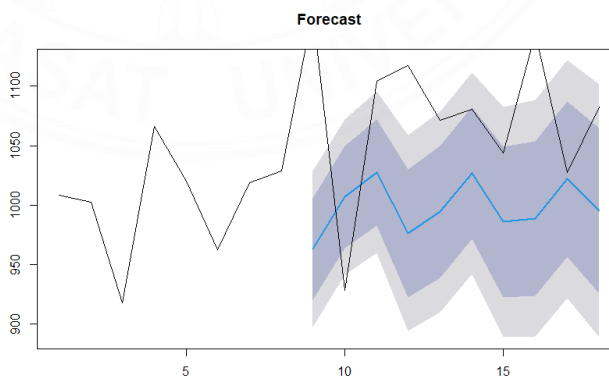
ภาพที่ ง.28 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.gsfc.nasa.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,1,2)



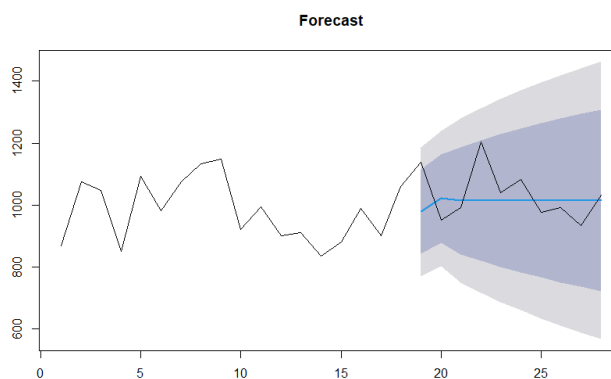
ภาพที่ ง.29 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.nersc.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,2)



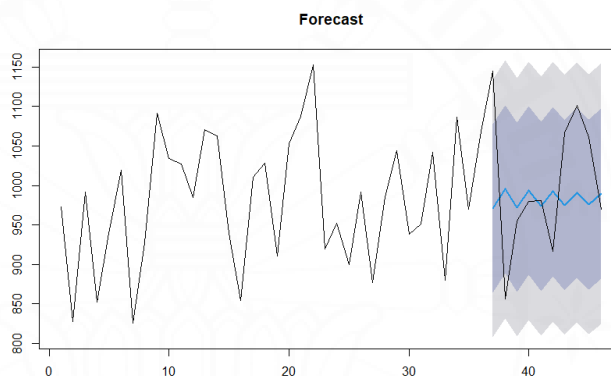
ภาพที่ ง.30 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,1)



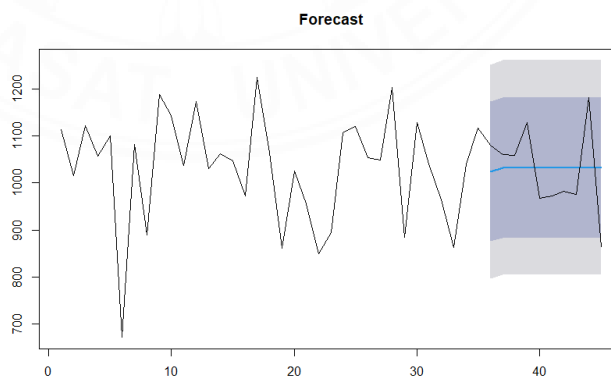
ภาพที่ ง.31 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (4,1,0)



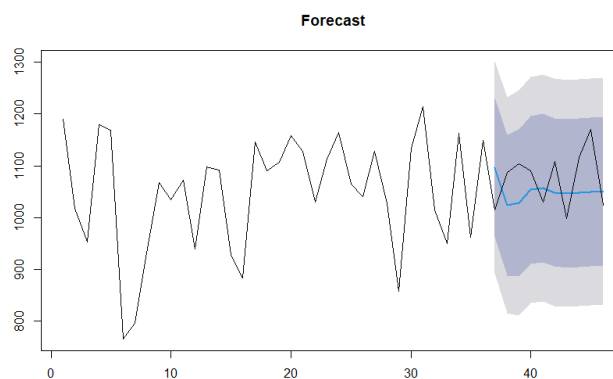
ภาพที่ ง.32 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,1,2)



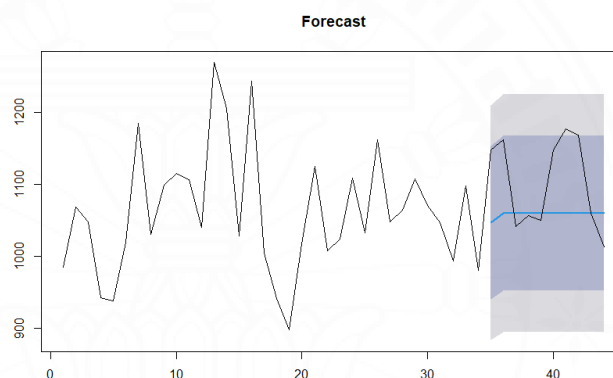
ภาพที่ ง.33 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,0)



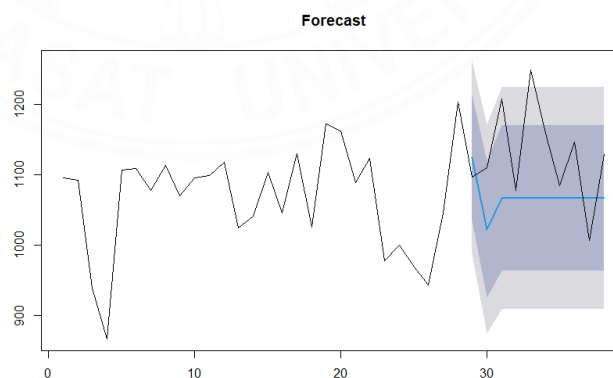
ภาพที่ ง.34 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,1)



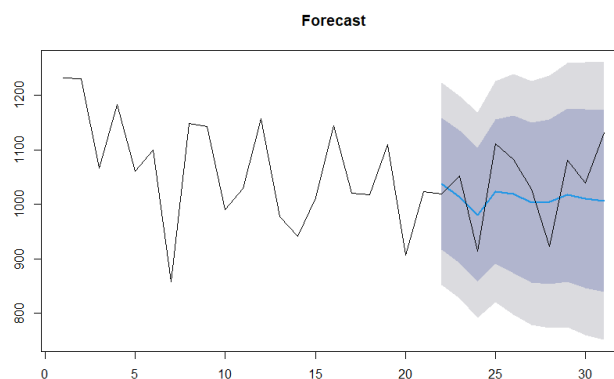
ภาพที่ ง.35 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (2,0,0)



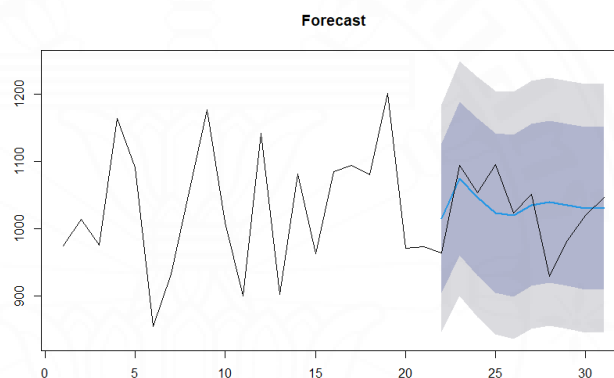
ภาพที่ ง.36 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,0,1)



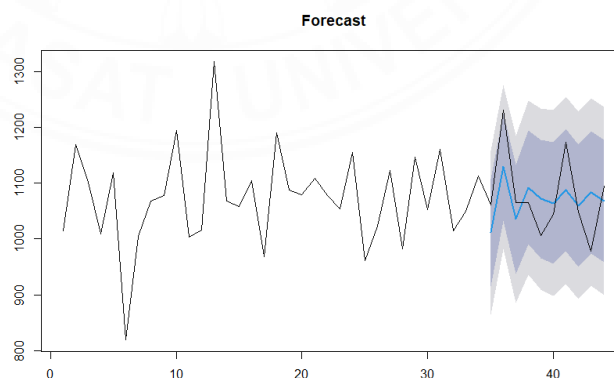
ภาพที่ ง.37 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,0,2)



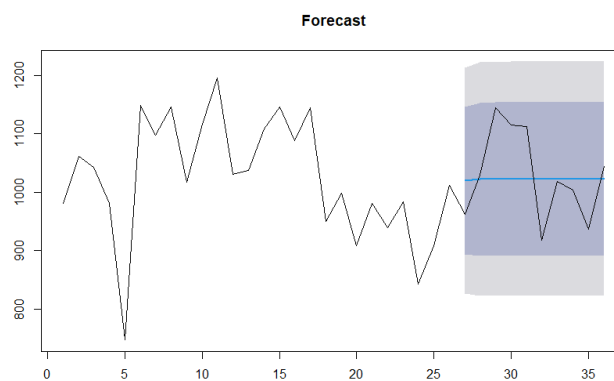
ภาพที่ ง.38 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (3,1,0)



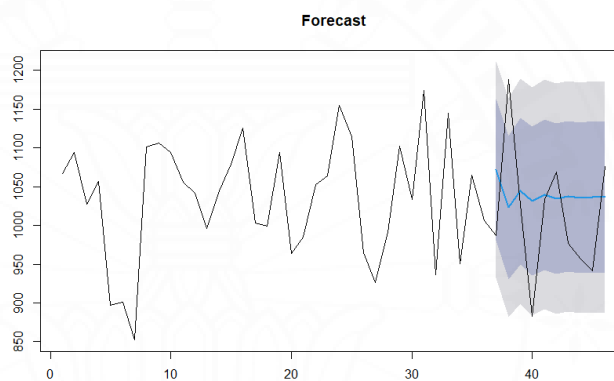
ภาพที่ ง.39 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (3,0,0)



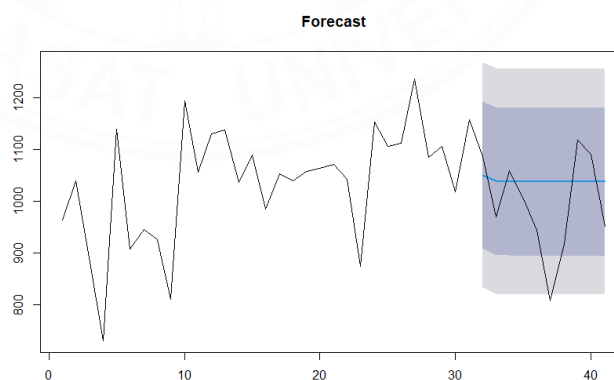
ภาพที่ ง.40 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,0,2)



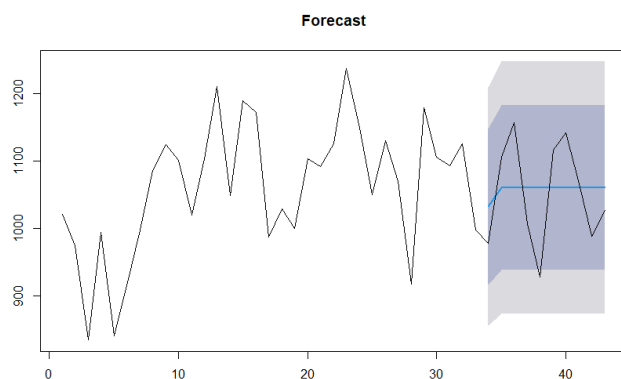
ภาพที่ ง.41 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,0)



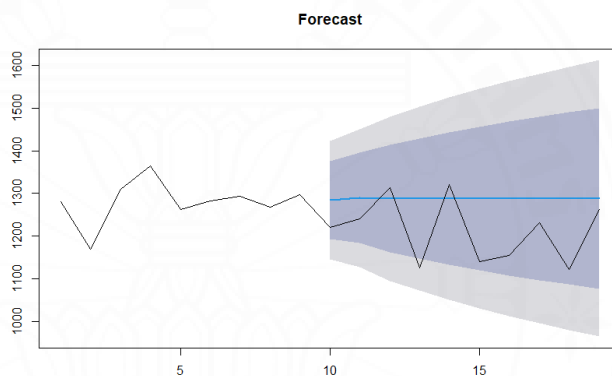
ภาพที่ ง.42 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,0,2)



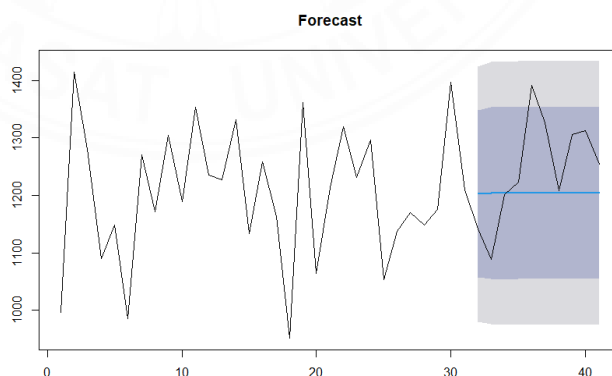
ภาพที่ ง.43 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,0)



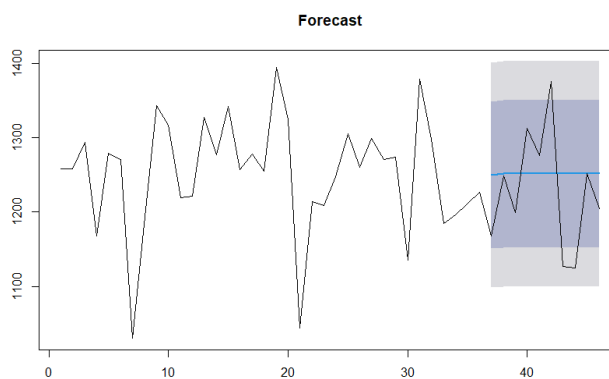
ภาพที่ ง.44 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง ieipm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,1)



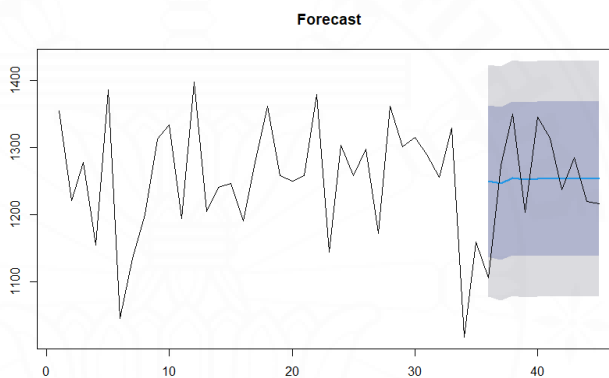
ภาพที่ ง.45 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง ieipm-bw.cern.ch ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,1,0)



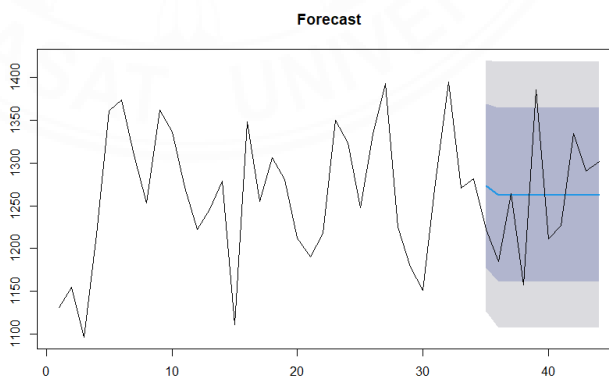
ภาพที่ ง.46 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง ieipm-bw.cern.ch ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,0)



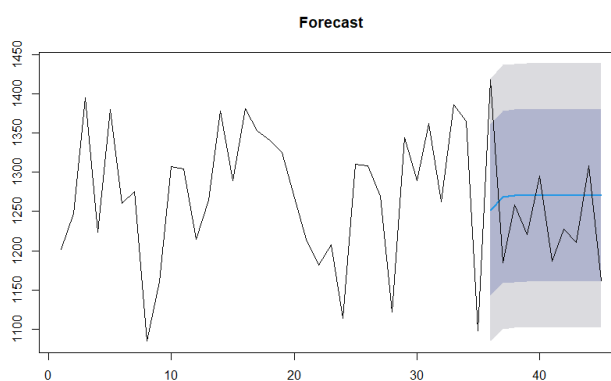
ภาพที่ ง.47 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,0,1)



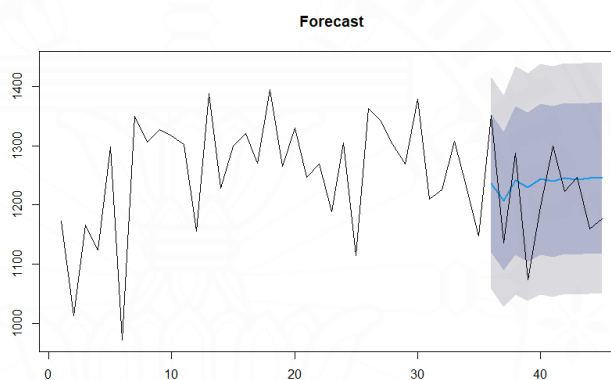
ภาพที่ ง.48 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (2,0,0)



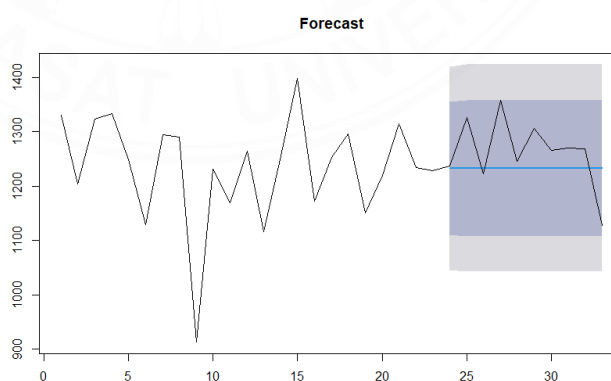
ภาพที่ ง.49 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,0,1)



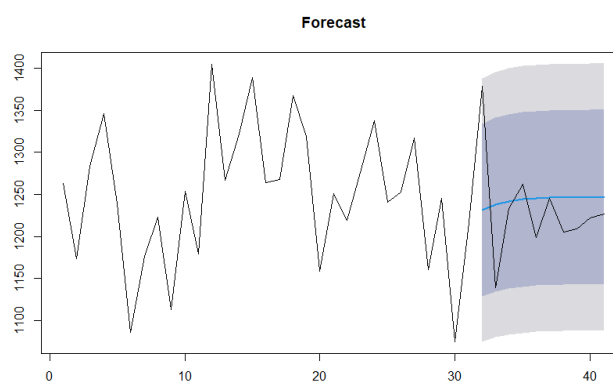
ภาพที่ ๕.50 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,0)



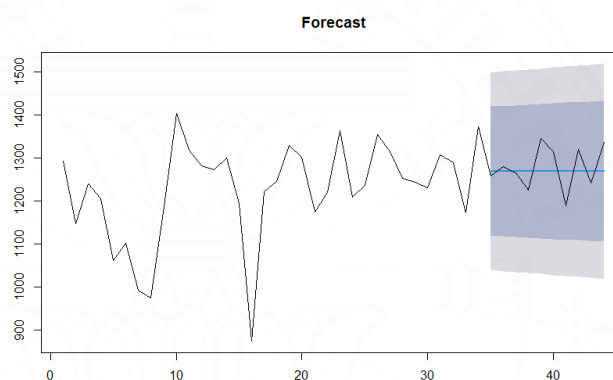
ภาพที่ ๕.51 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,0,0)



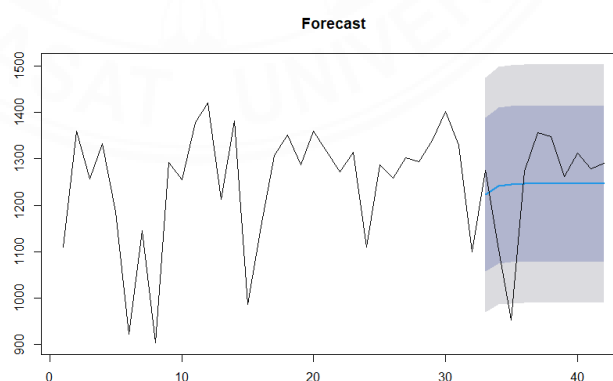
ภาพที่ ๕.52 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,1)



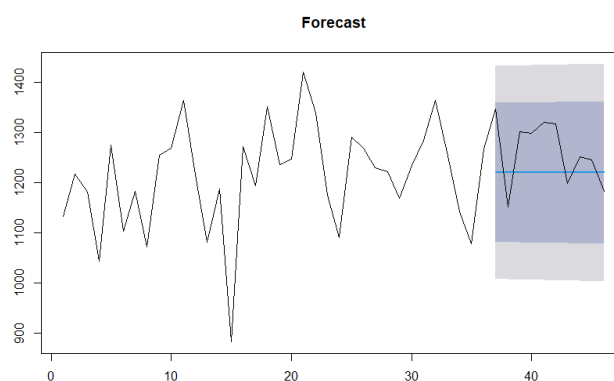
ภาพที่ ง.53 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,1)



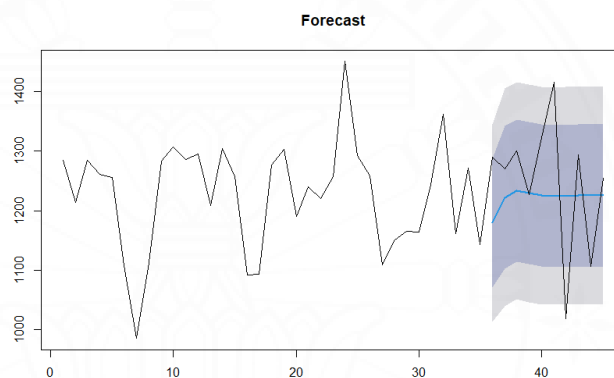
ภาพที่ ง.54 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)



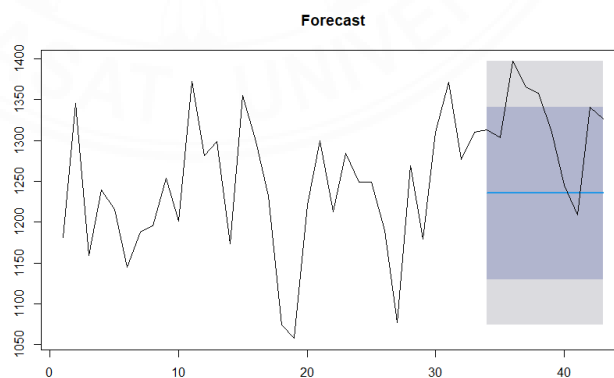
ภาพที่ ง.55 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,0)



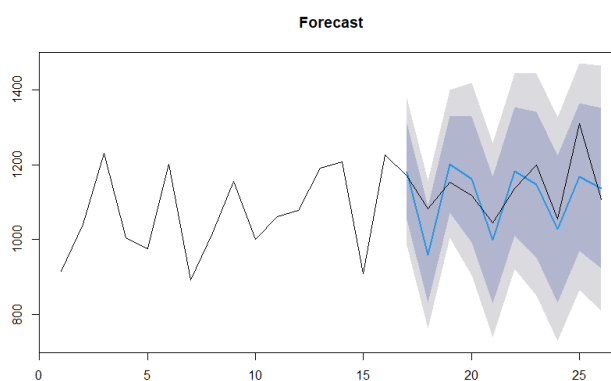
ภาพที่ ๕.56 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)



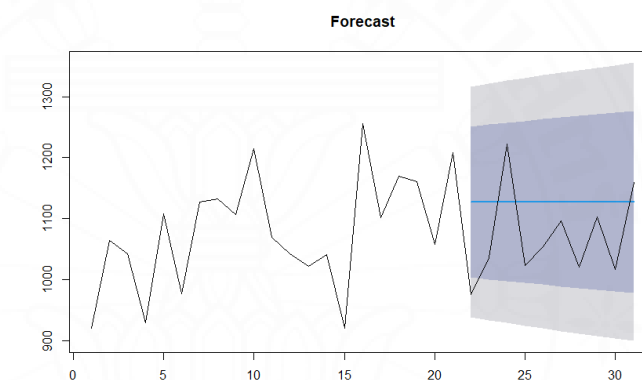
ภาพที่ ๕.57 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,1,1)



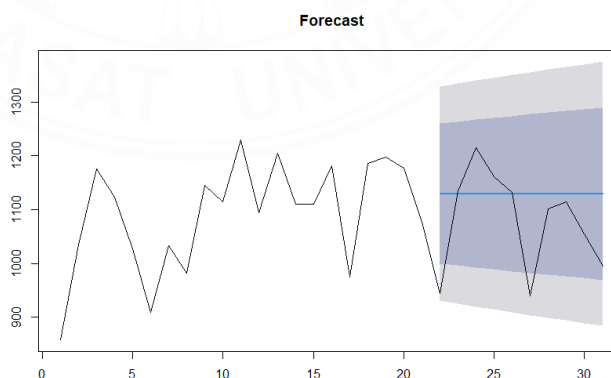
ภาพที่ ๕.58 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)



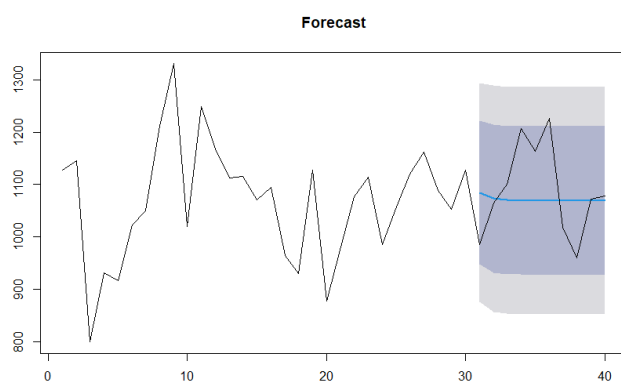
ภาพที่ ง.59 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (2,1,0)



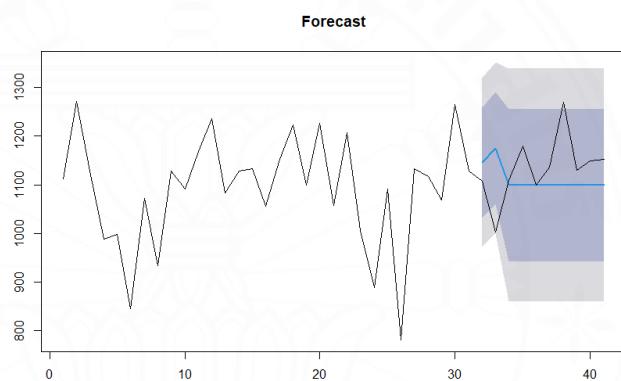
ภาพที่ ง.60 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,1)



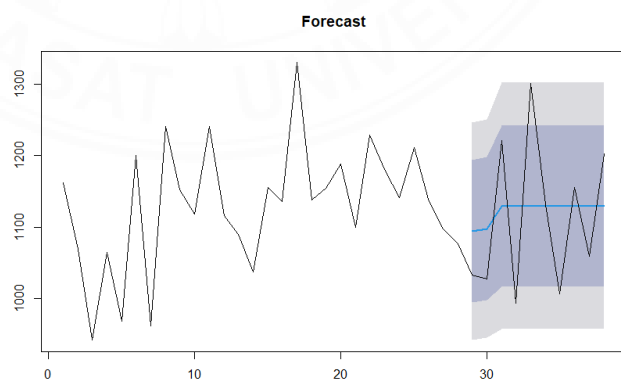
ภาพที่ ง.61 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,1)



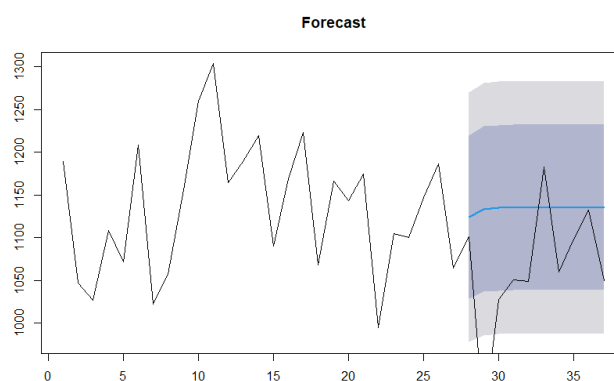
ภาพที่ ง.62 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,0)



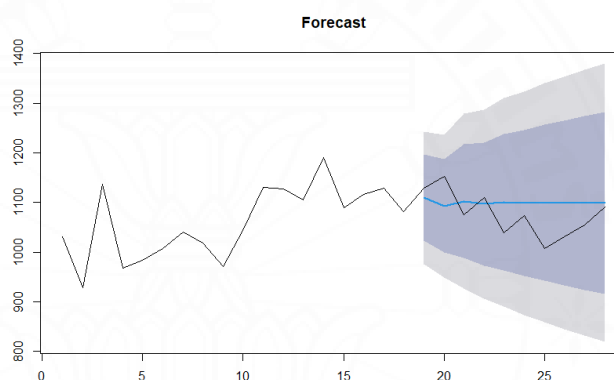
ภาพที่ ง.63 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,2)



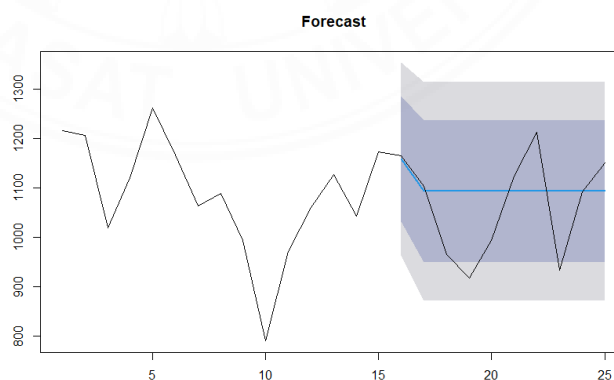
ภาพที่ ง.64 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,2)



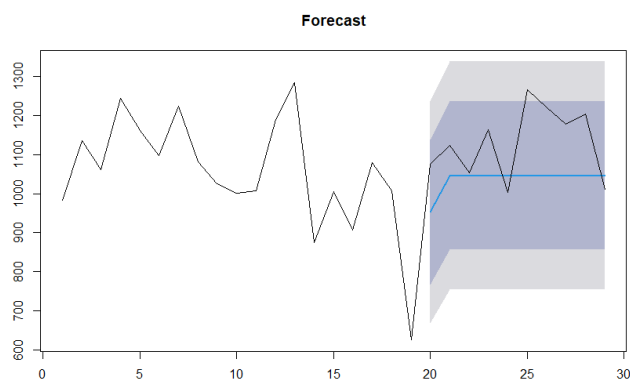
ภาพที่ ง.65 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,0)



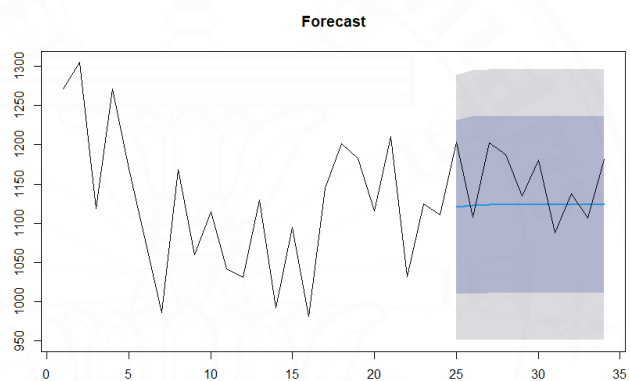
ภาพที่ ง.66 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,1,0)



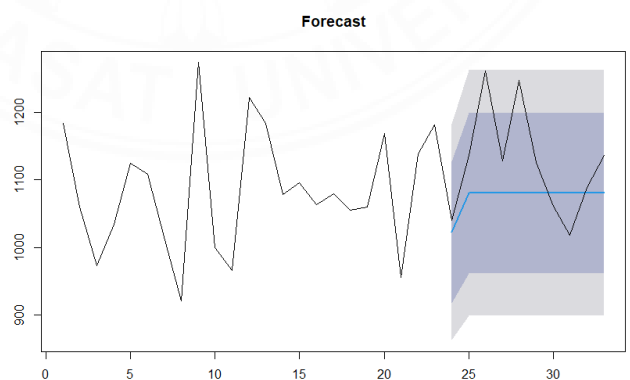
ภาพที่ ง.67 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,1)



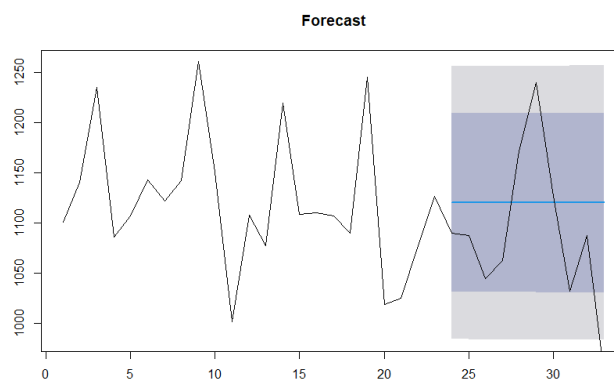
ภาพที่ ง.68 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,0,1)



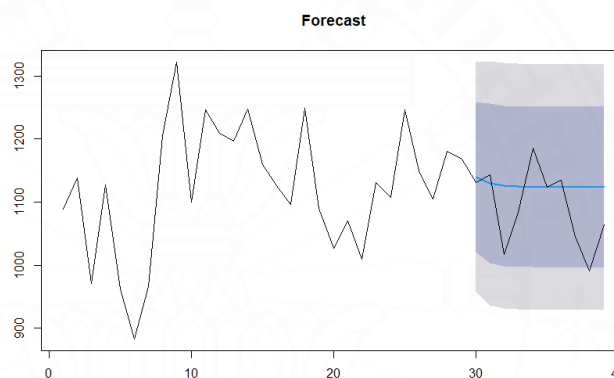
ภาพที่ ง.69 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,0,0)



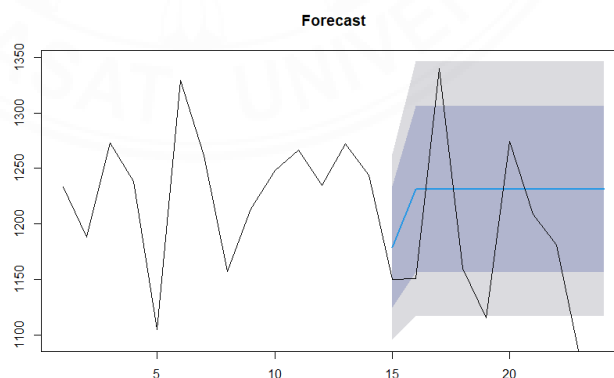
ภาพที่ ง.70 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,0,1)



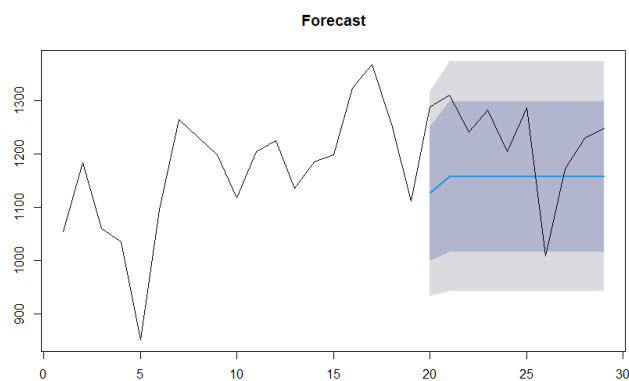
ภาพที่ ง.71 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,1)



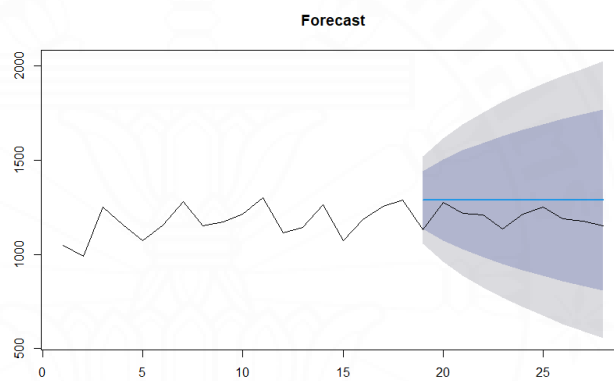
ภาพที่ ง.72 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (1,0,0)



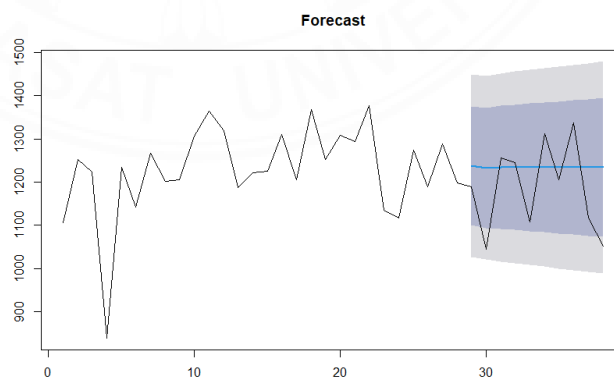
ภาพที่ ง.73 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,0,1)



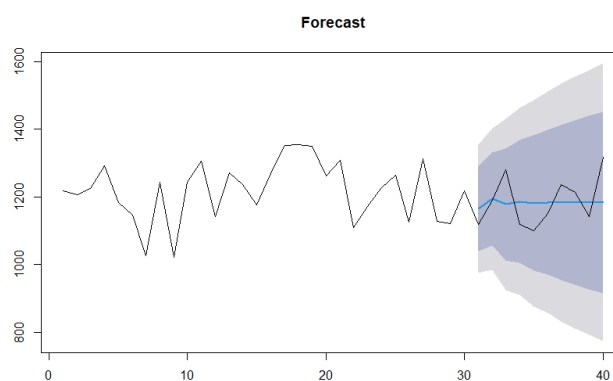
ภาพที่ ง.74 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,0)



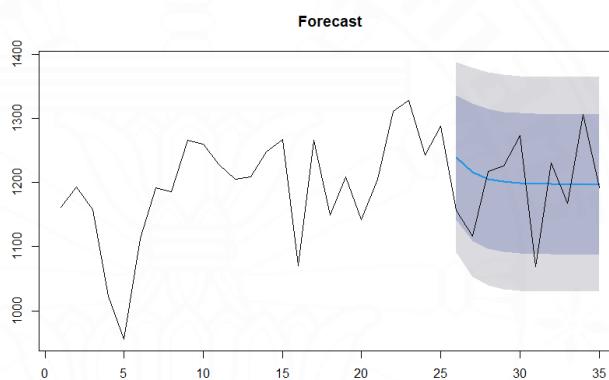
ภาพที่ ง.75 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,0)



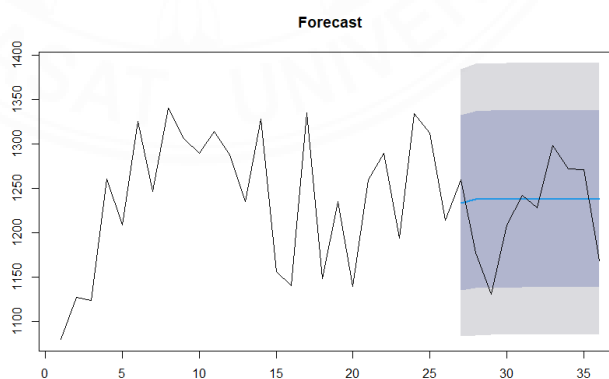
ภาพที่ ง.76 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (2,1,1)



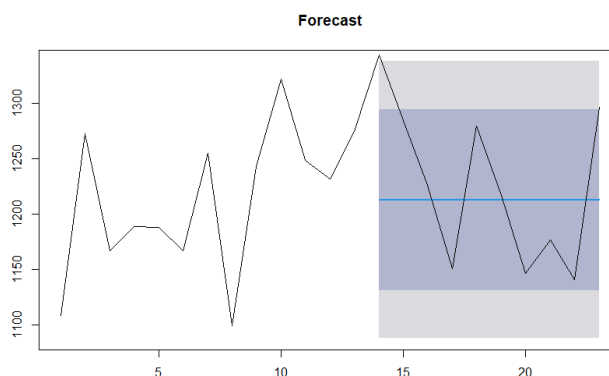
ภาพที่ ง.77 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (1,1,0)



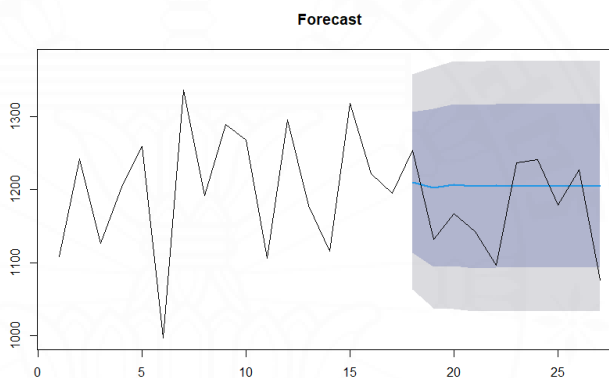
ภาพที่ ง.78 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (1,0,0)



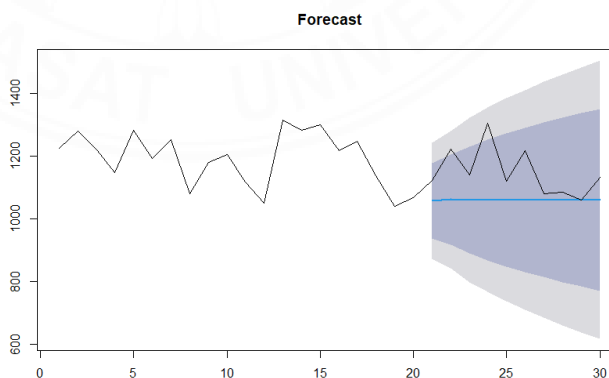
ภาพที่ ง.79 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (1,0,0)



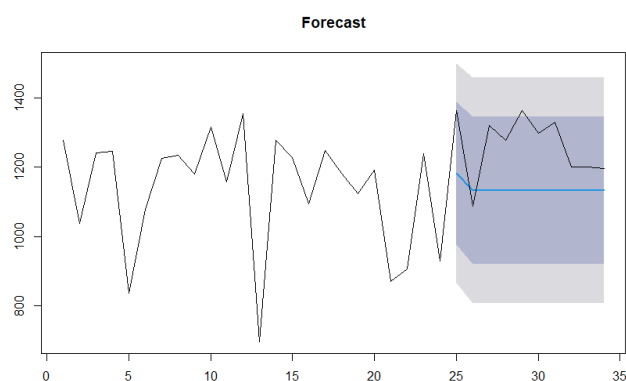
ภาพที่ ง.80 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,0,0)



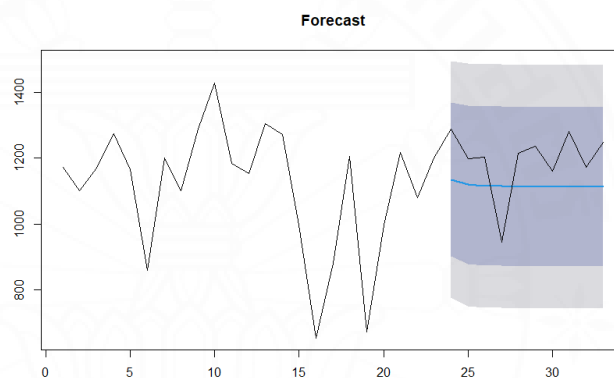
ภาพที่ ง.81 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (1,0,0)



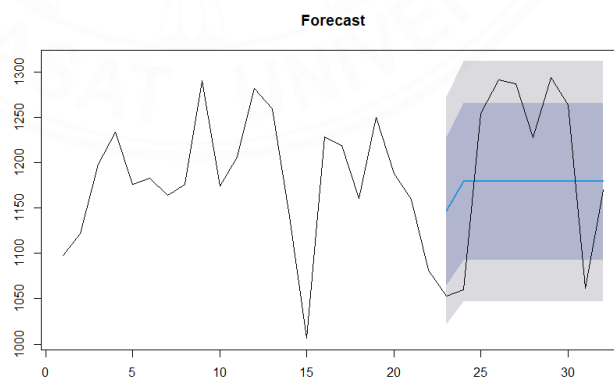
ภาพที่ ง.82 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (1,1,0)



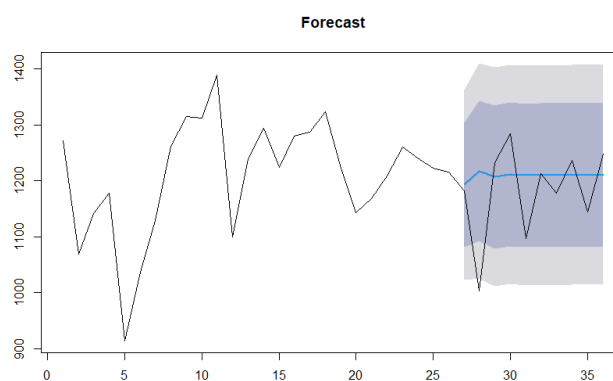
ภาพที่ ง.83 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,0,1)



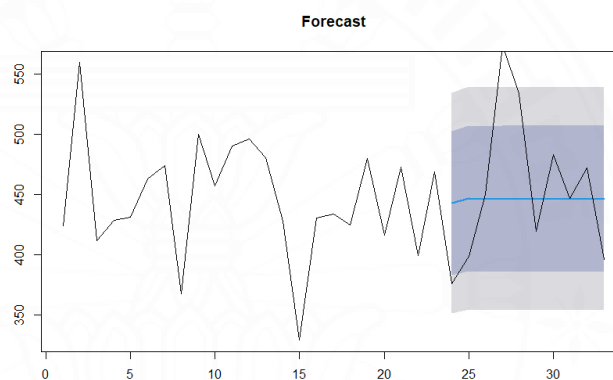
ภาพที่ ง.84 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,0,0)



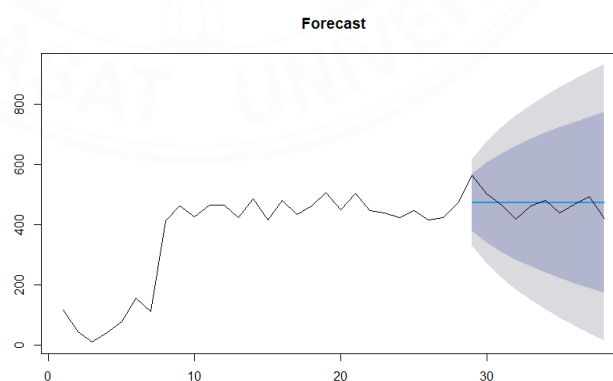
ภาพที่ ง.85 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,0,1)



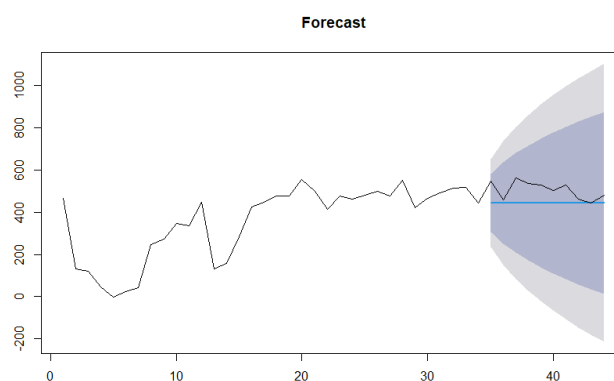
ภาพที่ ง.86 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,1)



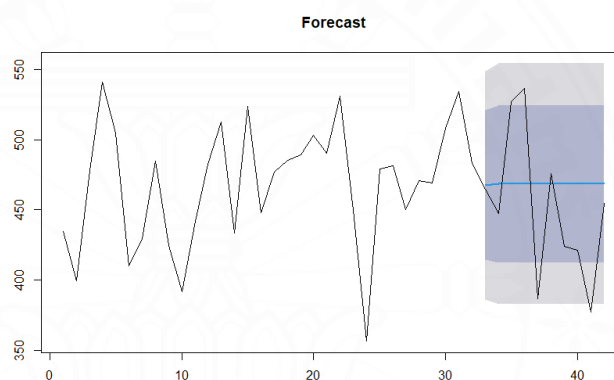
ภาพที่ ง.87 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,0)



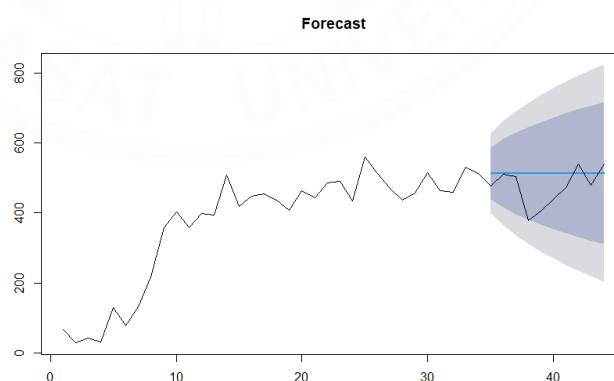
ภาพที่ ง.88 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,0)



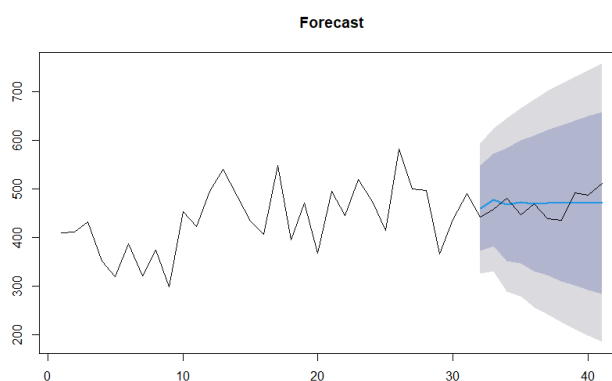
ภาพที่ ง.89 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,0)



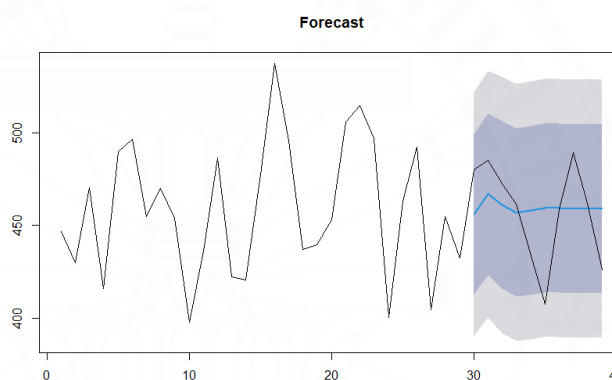
ภาพที่ ง.90 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,0,1)



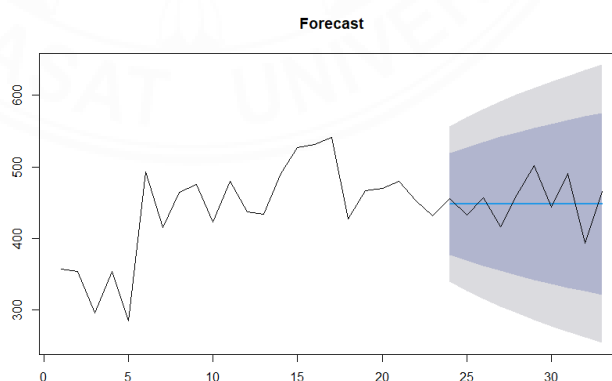
ภาพที่ ง.91 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,1)



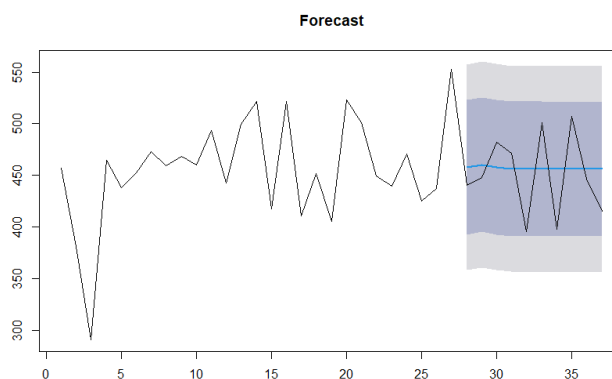
ภาพที่ ง.92 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (1,1,0)



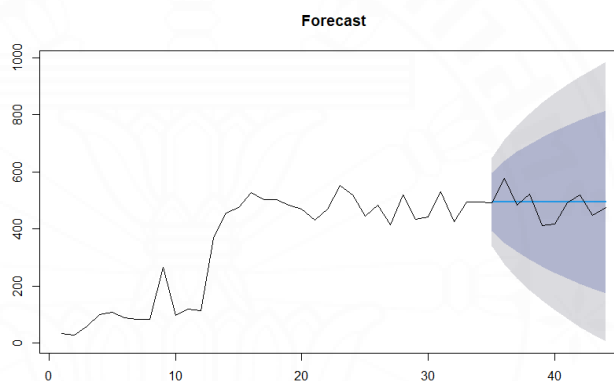
ภาพที่ ง.93 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (2,0,0)



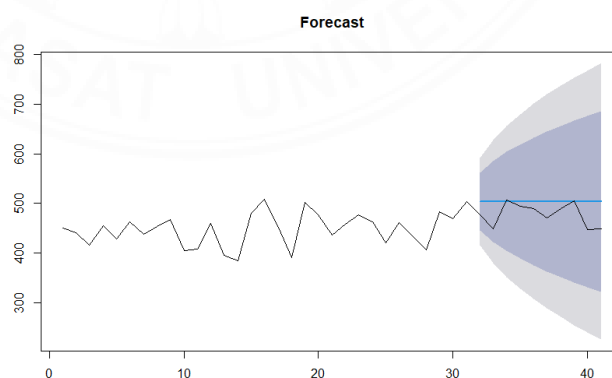
ภาพที่ ง.94 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,1)



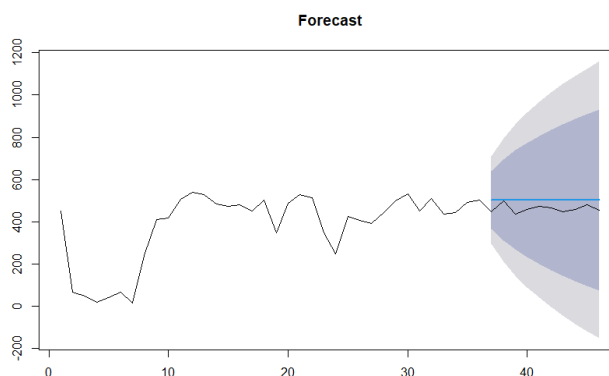
ภาพที่ ง.95 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (3,0,0)



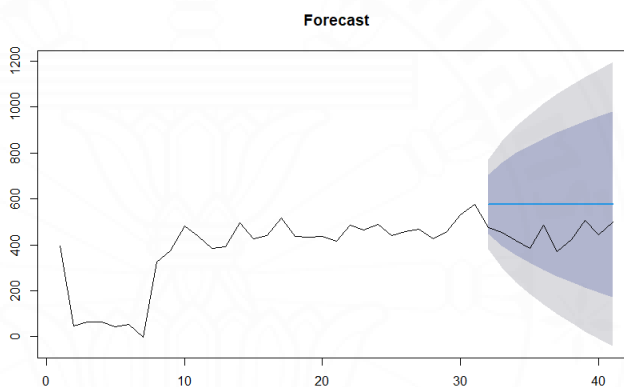
ภาพที่ ง.96 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,0)



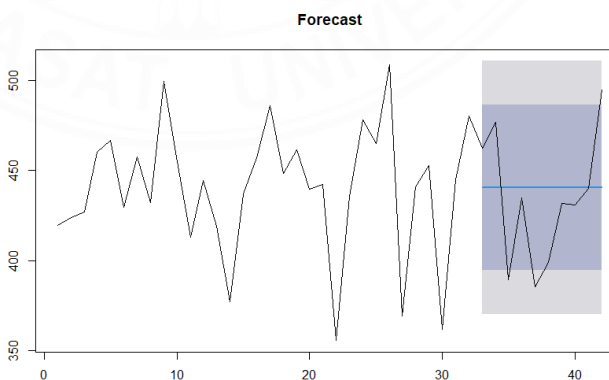
ภาพที่ ง.97 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,0)



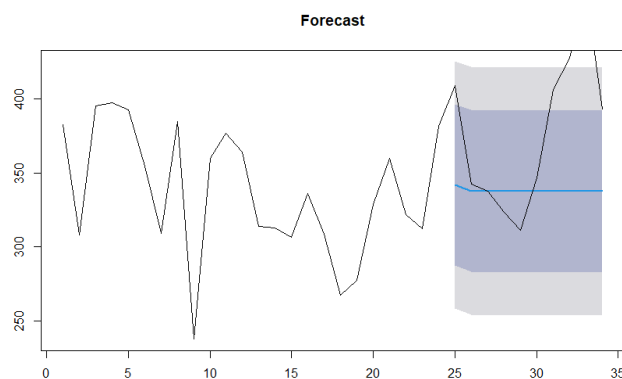
ภาพที่ ง.98 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,0)



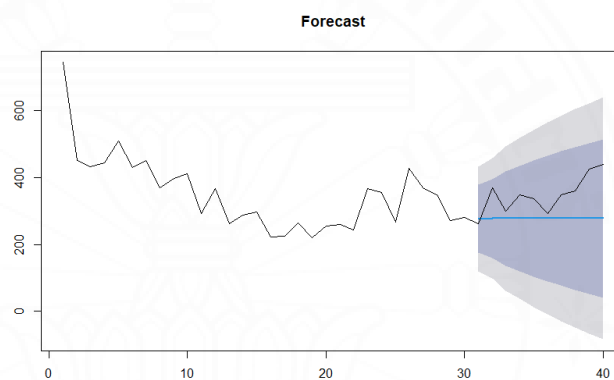
ภาพที่ ง.99 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,0)



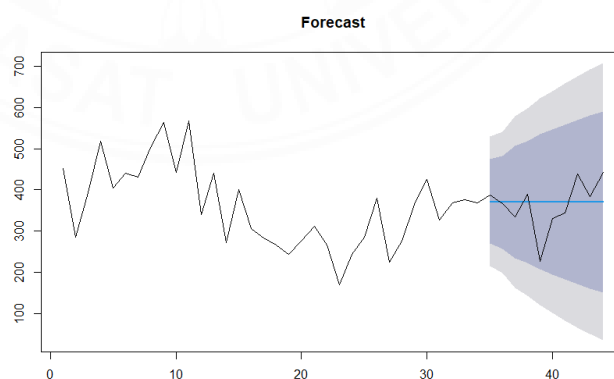
ภาพที่ ง.100 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,0)



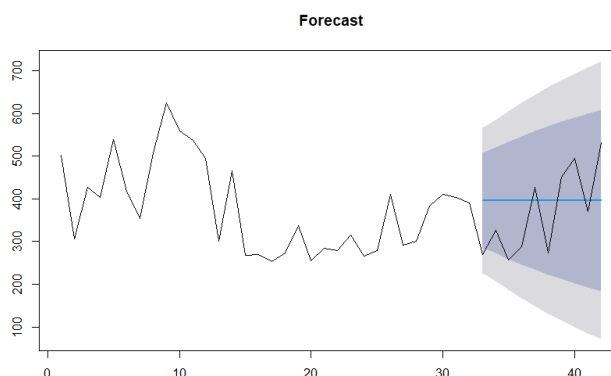
ภาพที่ ง.101 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,0,0)



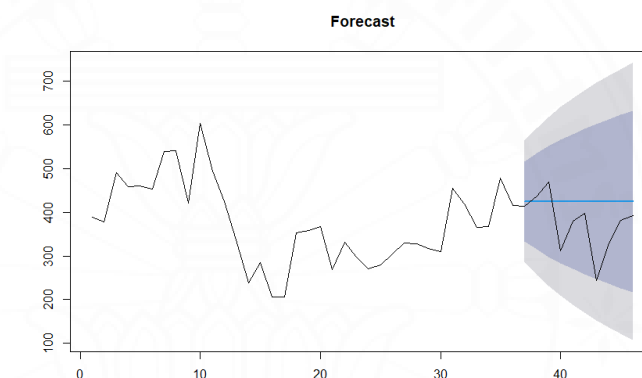
ภาพที่ ง.102 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,0)



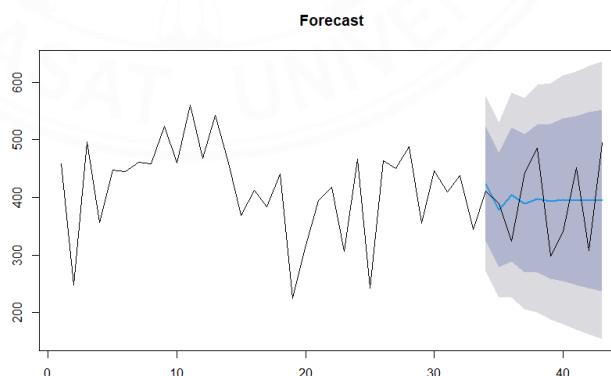
ภาพที่ ง.103 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,0)



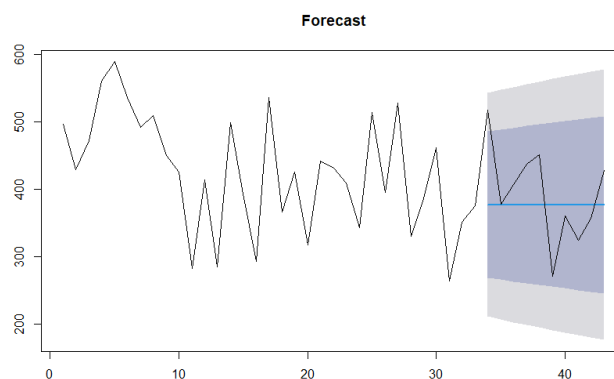
ภาพที่ ง.104 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,1,3)



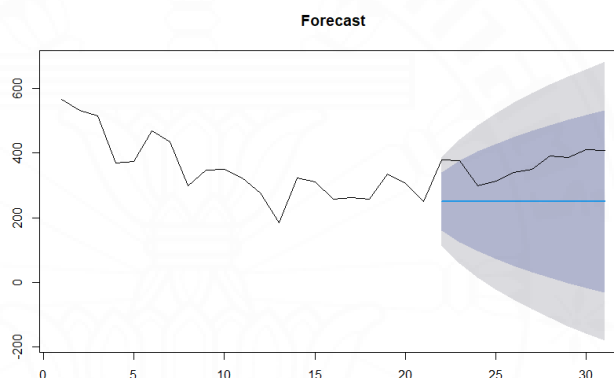
ภาพที่ ง.105 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,1,1)



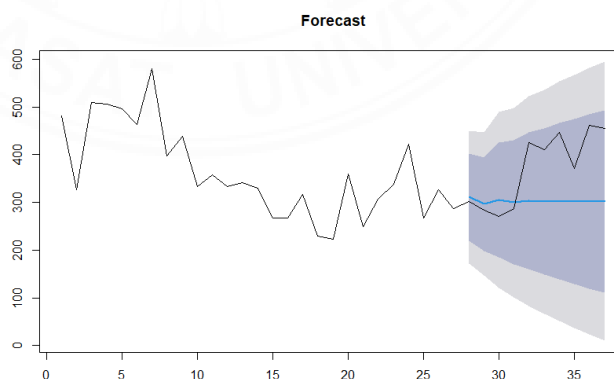
ภาพที่ ง.106 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,1)



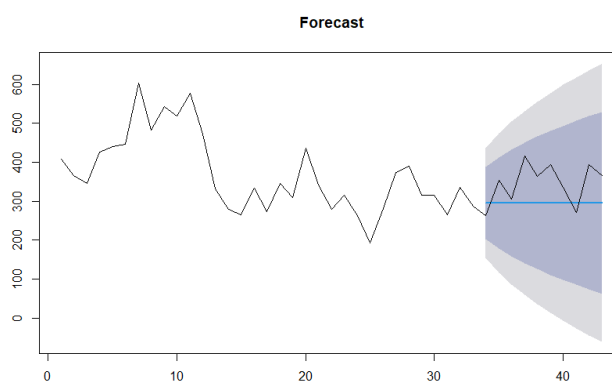
ภาพที่ ง.107 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,1)



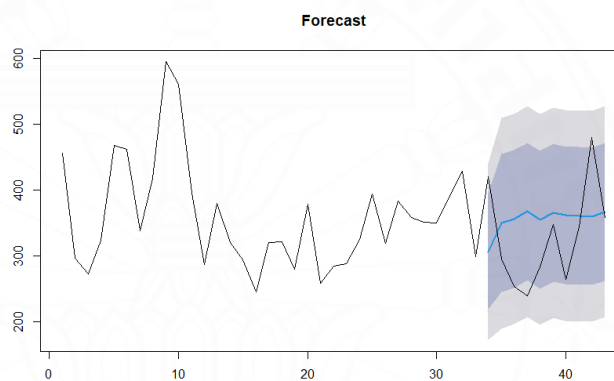
ภาพที่ ง.108 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (0,1,0)



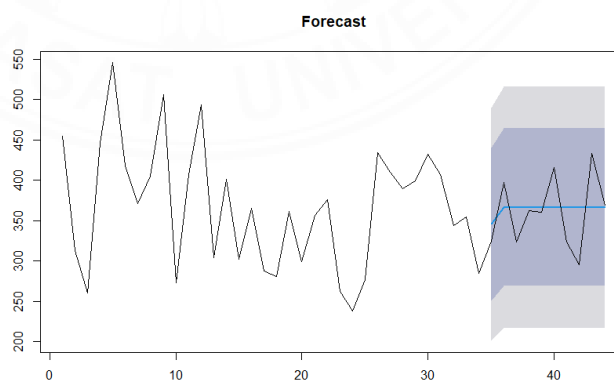
ภาพที่ ง.109 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีนา ARIMA (1,1,0)



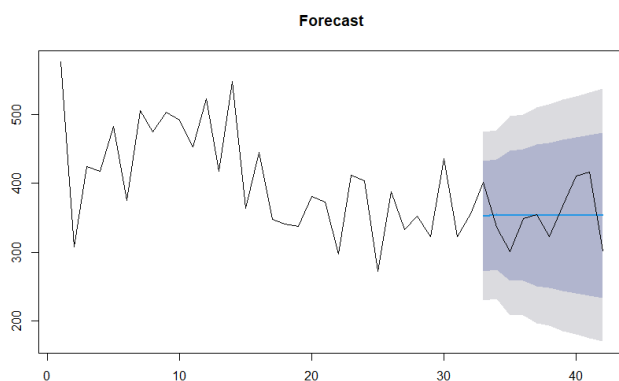
ภาพที่ ง.110 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)



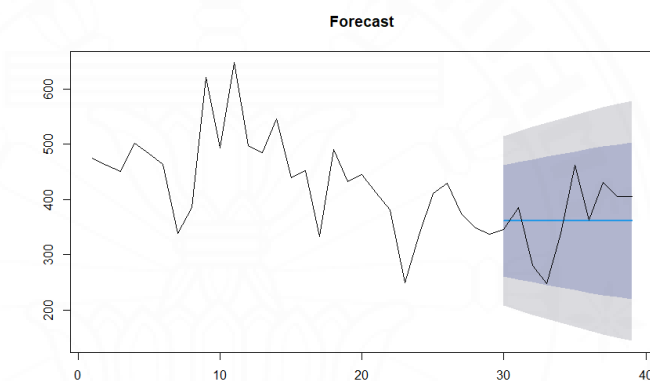
ภาพที่ ง.111 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,1)



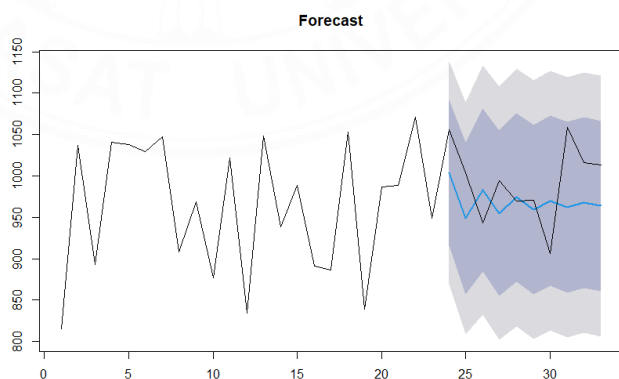
ภาพที่ ง.112 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,1)



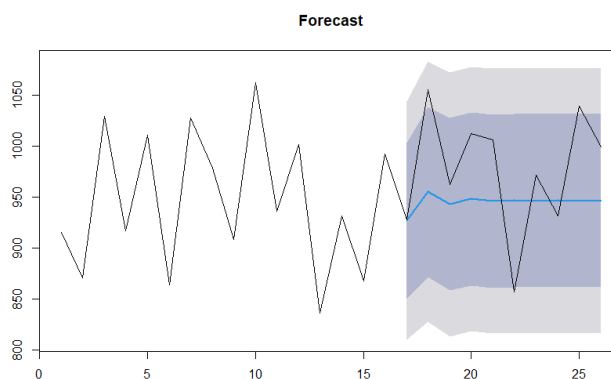
ภาพที่ ง.113 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (1,1,1)



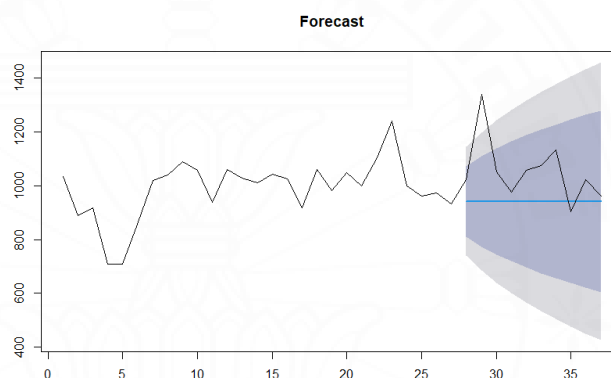
ภาพที่ ง.114 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (0,1,1)



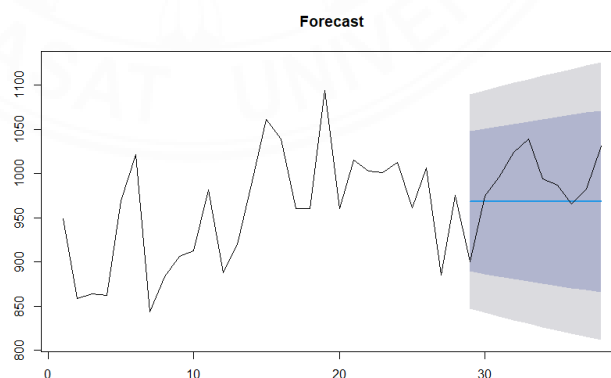
ภาพที่ ง.115 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มา ARIMA (2,0,0)



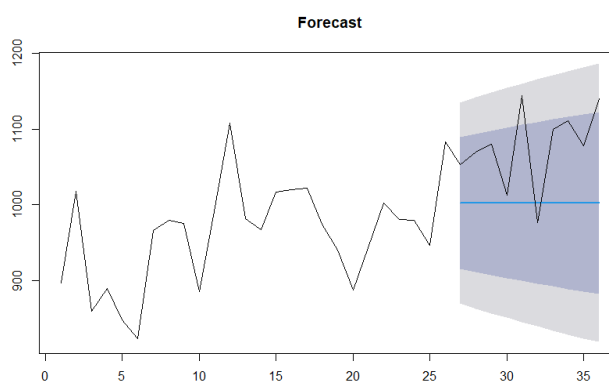
ภาพที่ ง.116 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,0,0)



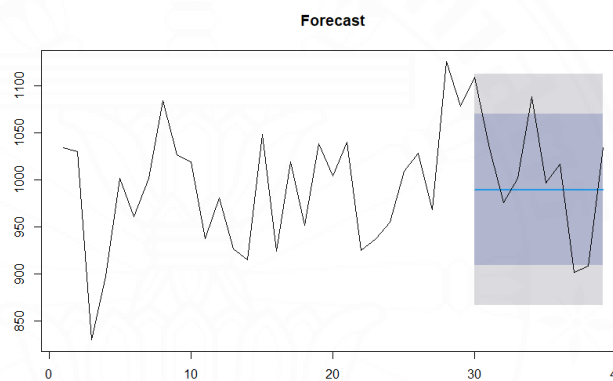
ภาพที่ ง.117 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)



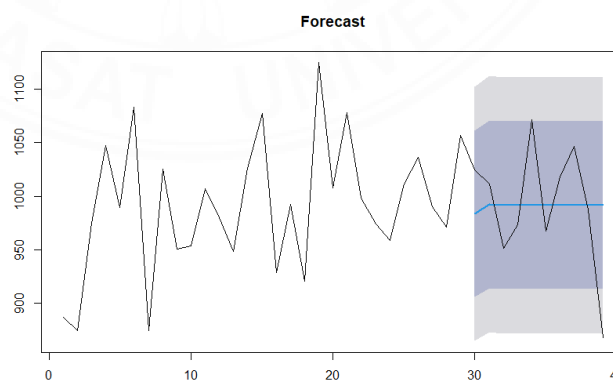
ภาพที่ ง.118 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)



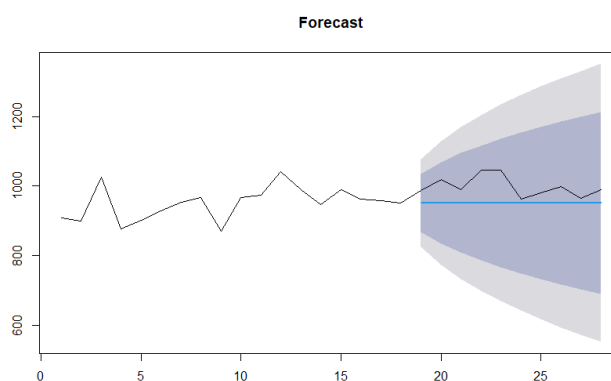
ภาพที่ ง.119 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)



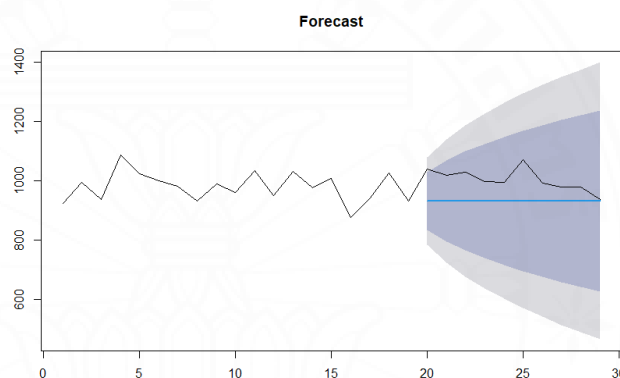
ภาพที่ ง.120 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,0)



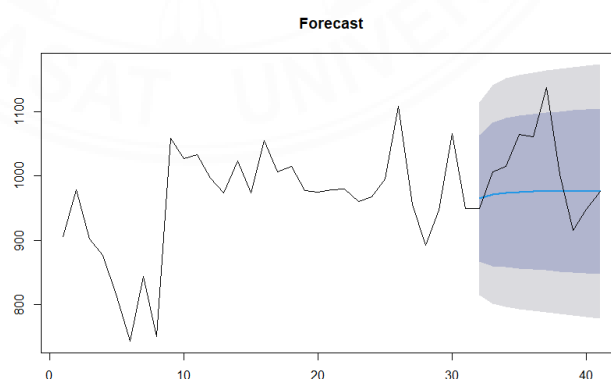
ภาพที่ ง.121 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,0,1)



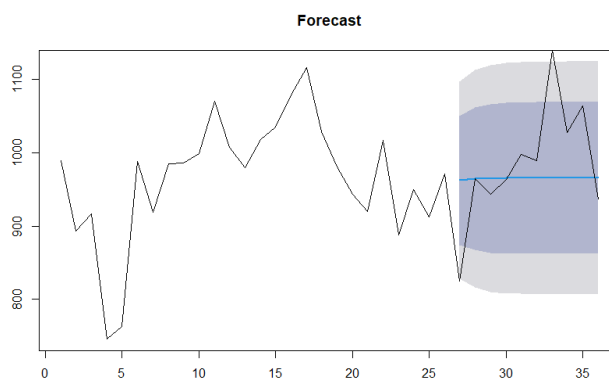
ภาพที่ ง.122 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,0)



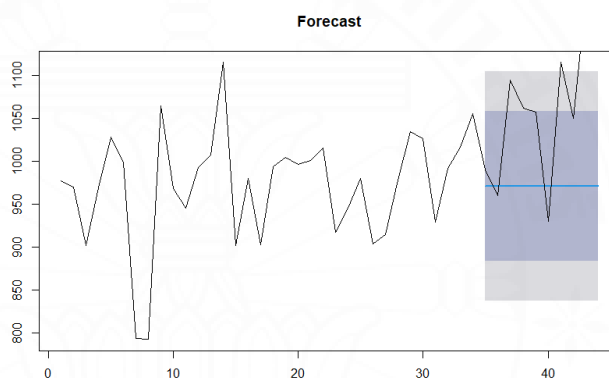
ภาพที่ ง.123 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,0)



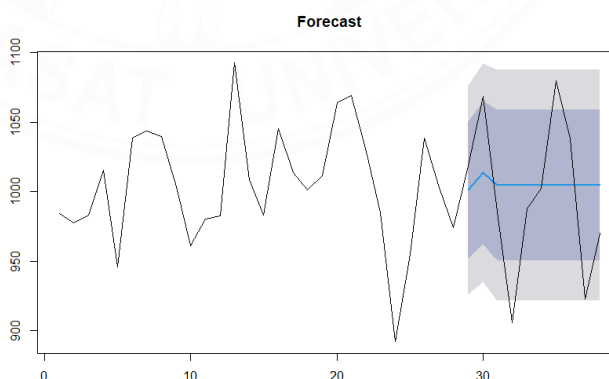
ภาพที่ ง.124 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (1,1,1)



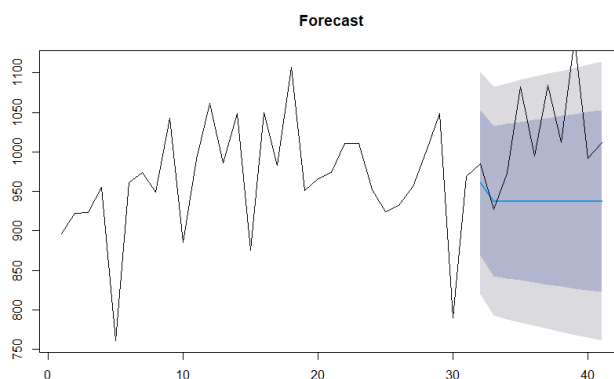
ภาพที่ ง.125 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (2,0,0)



ภาพที่ ง.126 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,1)

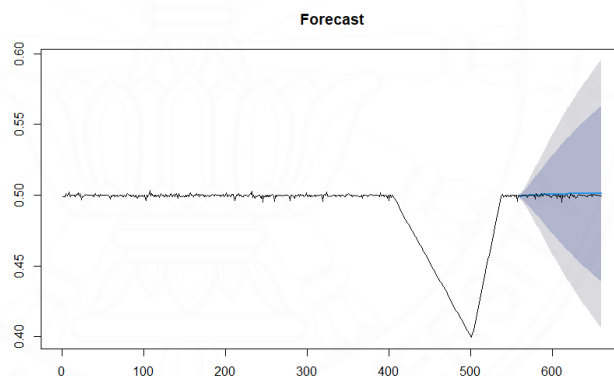


ภาพที่ ง.127 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,0,2)

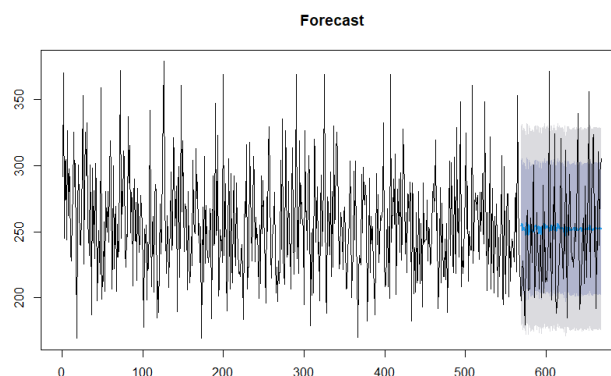


ภาพที่ ง.128 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมา ARIMA (0,1,2)

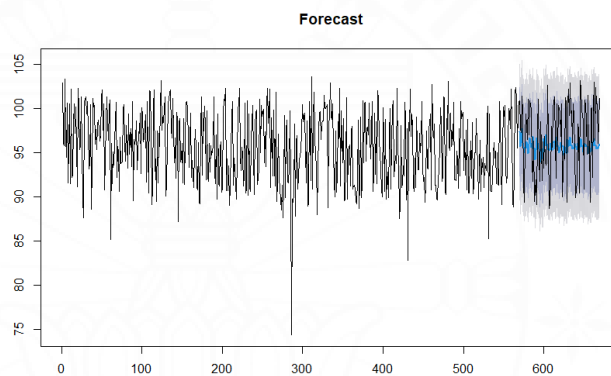
### ง.2 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average - SARIMA)



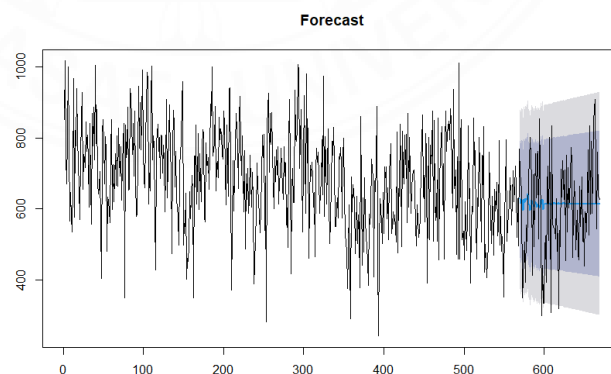
ภาพที่ ง.129 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,3)(0,0,1)[30]



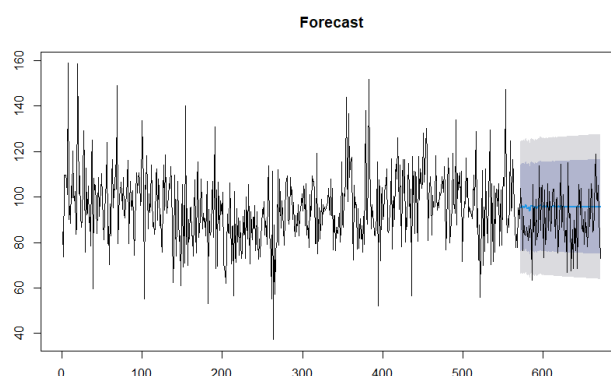
ภาพที่ ง.130 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.cesnet.cz ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,1,2)(2,0,1)[30]



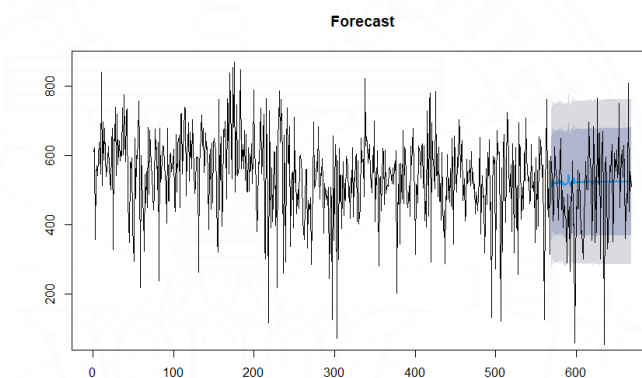
ภาพที่ ง.131 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,3)(2,0,1)[30]



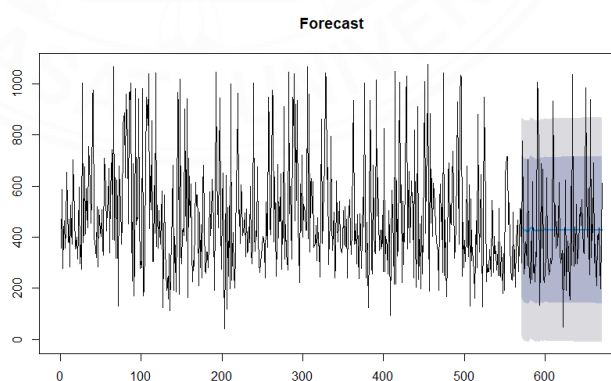
ภาพที่ ง.132 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.dl.ac.uk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,1)(1,0,0)[30]



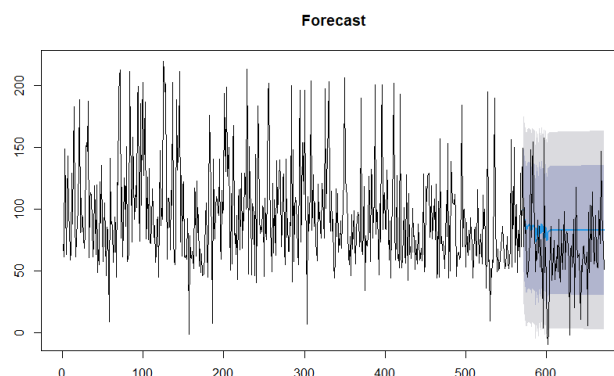
ภาพที่ ง.133 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.ece.rice.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,4)(1,0,1)[30]



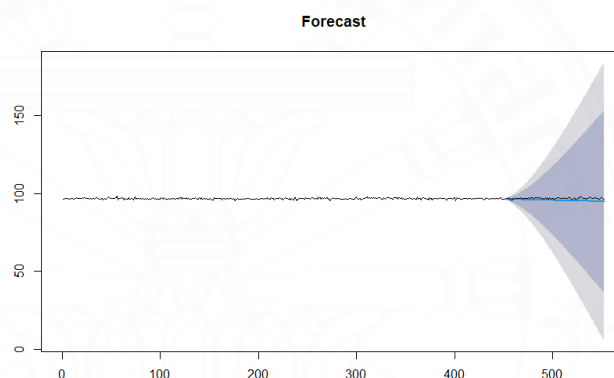
ภาพที่ ง.134 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.fnal.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,3)(1,0,1)[30]



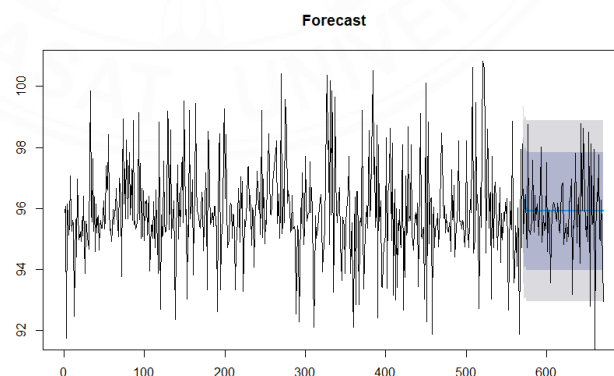
ภาพที่ ง.135 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.fzk.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,1)(1,0,0)[30]



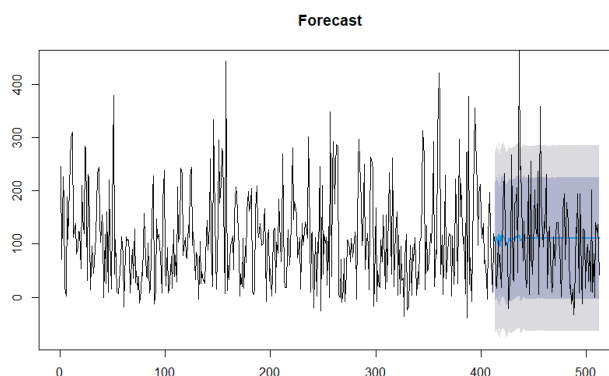
ภาพที่ ง.136 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.in2p3.fr ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (3,1,2)(0,0,1)[30]



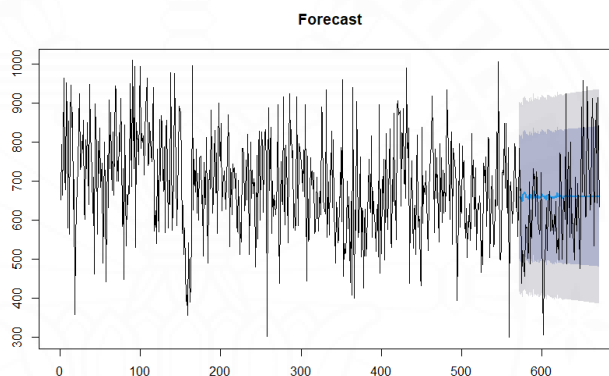
ภาพที่ ง.137 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.indiana.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (5,2,0)(0,0,2)[30]



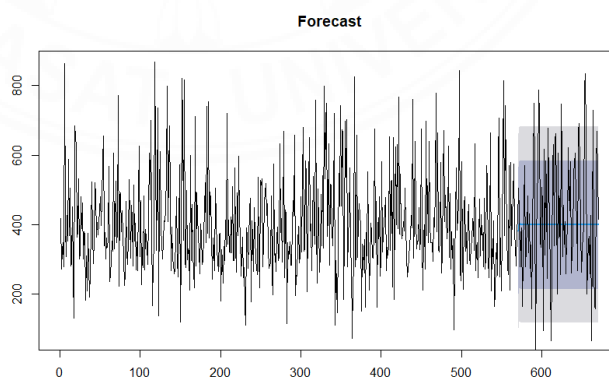
ภาพที่ ง.138 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.internet2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (5,1,1)(0,0,0)[30]



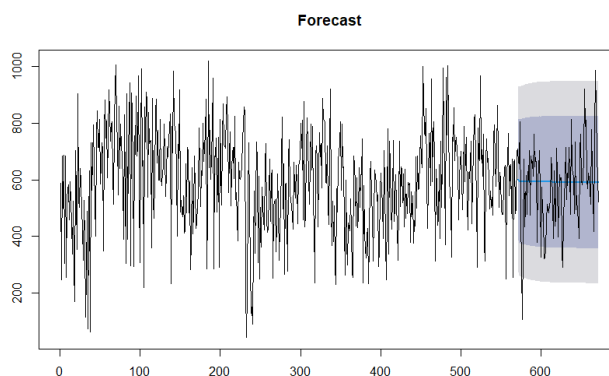
ภาพที่ ง.139 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.kek.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,1)(1,0,0)[30]



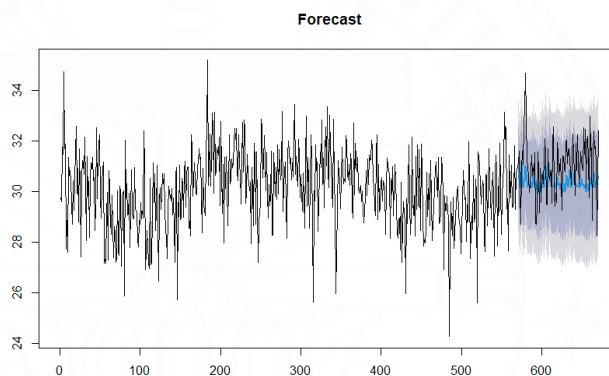
ภาพที่ ง.140 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.lbl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,2)(2,0,0)[30]



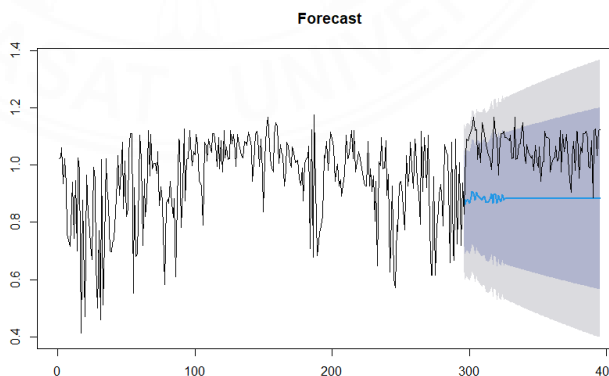
ภาพที่ ง.141 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.lsa.umich.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,4)(0,0,0)[30]



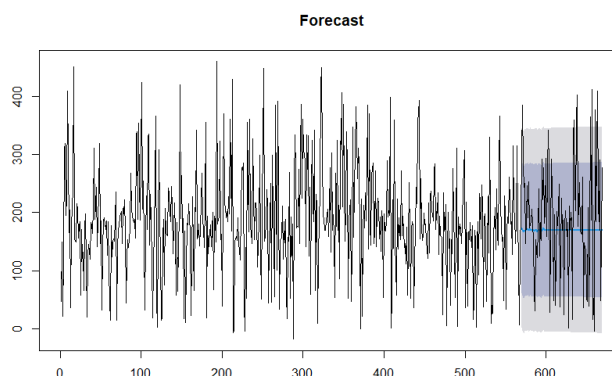
ภาพที่ ง.142 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.mcs.anl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,2)(1,0,0)[30]



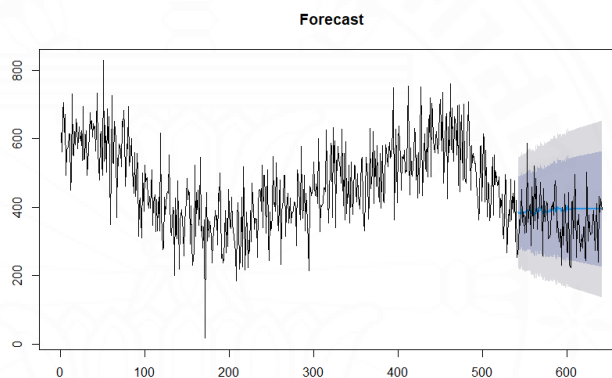
ภาพที่ ง.143 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.mib.infn.it ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (3,1,1)(1,0,1)[30]



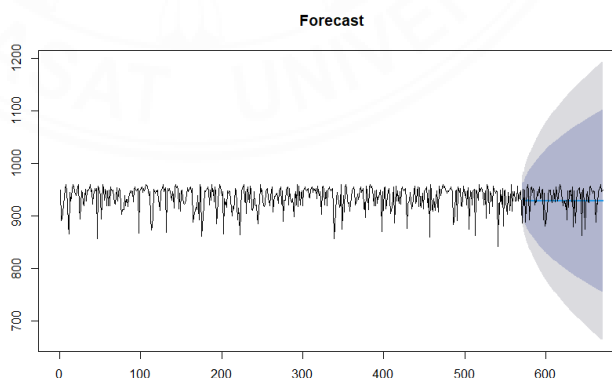
ภาพที่ ง.144 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.niit.pk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,1,2)(0,0,1)[30]



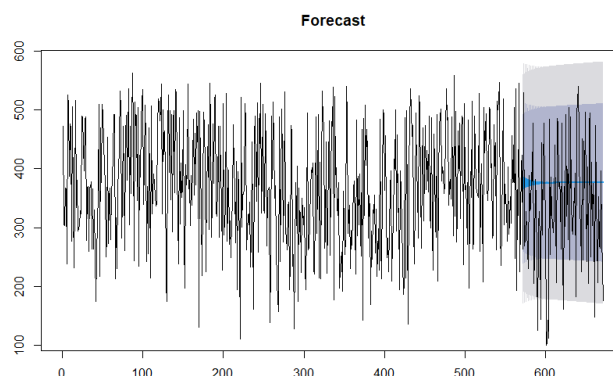
ภาพที่ ง.145 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.nikhef.nl ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,1)(0,0,1)[30]



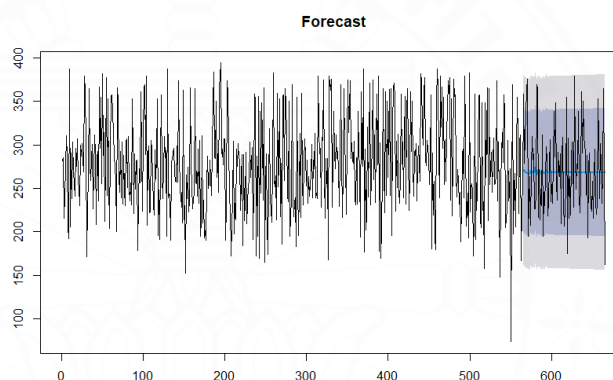
ภาพที่ ง.146 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,1)(0,0,2)[30]



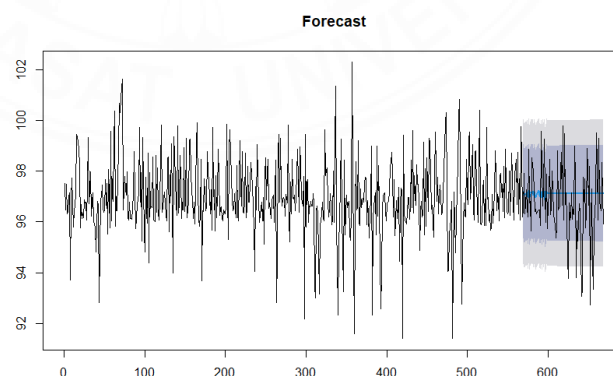
ภาพที่ ง.147 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.riken.go.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,0)(1,0,0)[30]



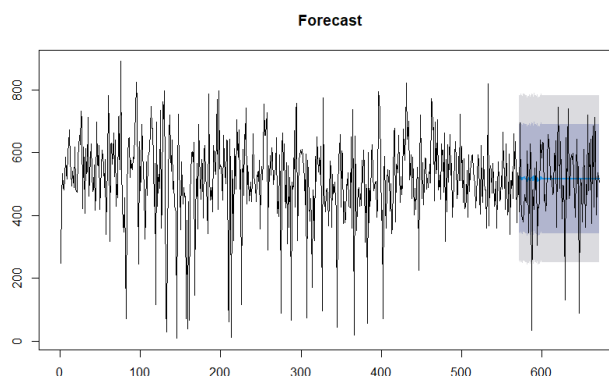
ภาพที่ ง.148 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,1)(0,0,0)[30]



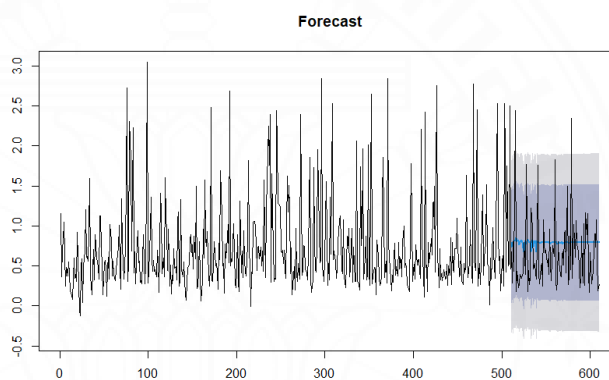
ภาพที่ ง.149 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.sox.i2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,2)(1,0,0)[30]



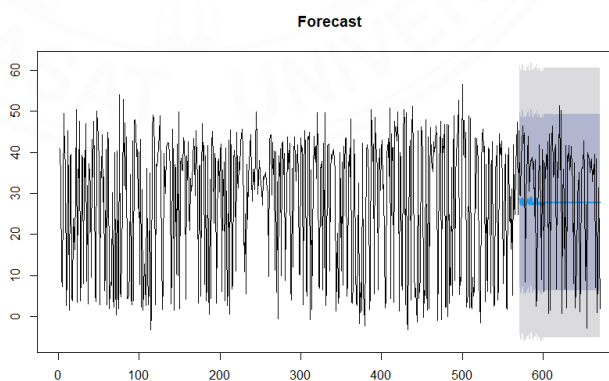
ภาพที่ ง.150 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.stanford.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,1)(0,0,1)[30]



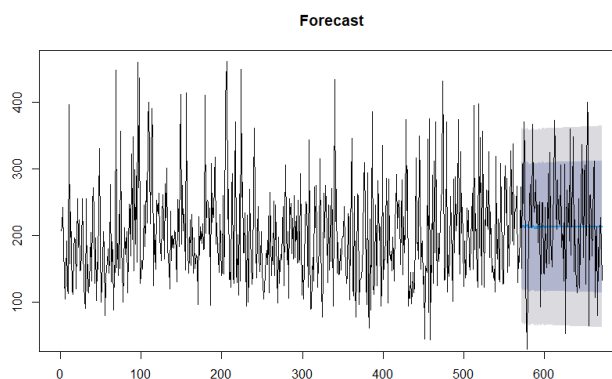
ภาพที่ ง.151 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.switch.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(0,0,1)[30]



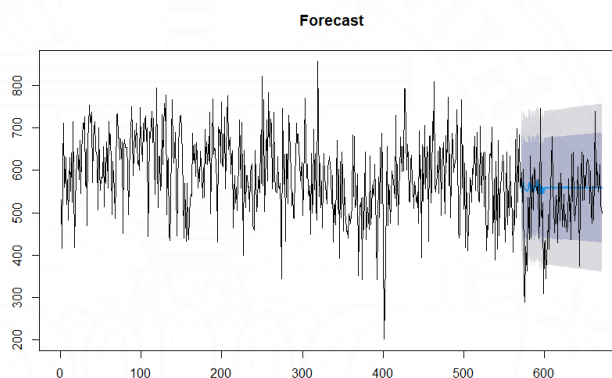
ภาพที่ ง.152 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.uiuc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,2)(2,0,0)[30]



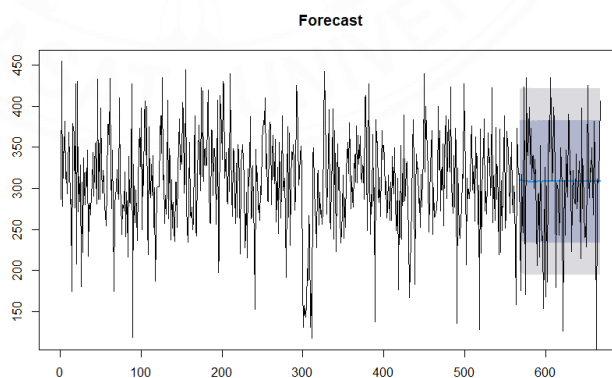
ภาพที่ ง.153 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.utdallas.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[30]



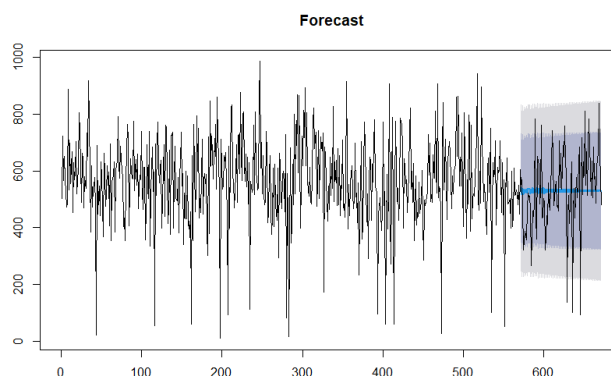
ภาพที่ ง.154 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.ccs.ornl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,1,1)(0,0,1)[30]



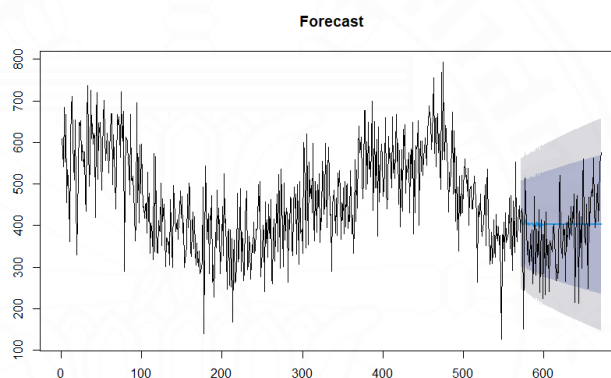
ภาพที่ ง.155 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.cern.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,1)(1,0,0)[30]



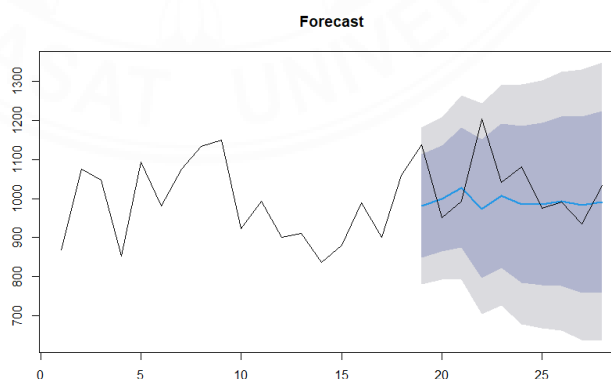
ภาพที่ ง.156 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.gsfc.nasa.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,3)(2,0,1)[30]



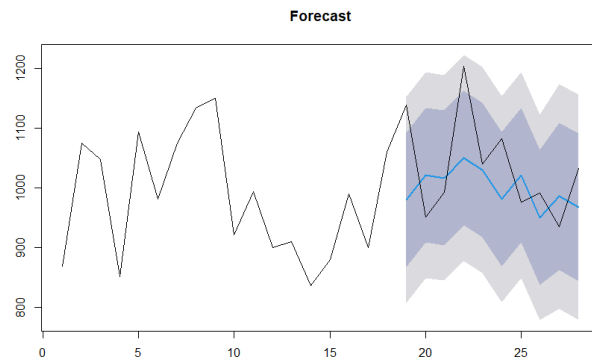
ภาพที่ ง.157 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.nersc.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,1,2)(1,0,0)[30]



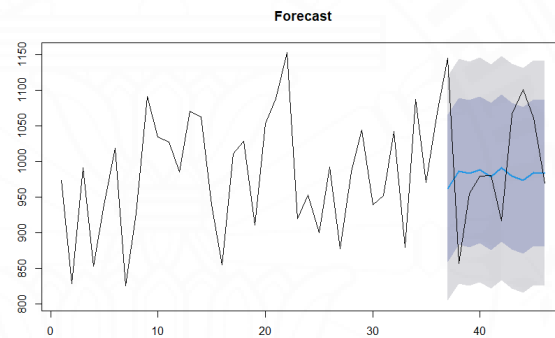
ภาพที่ ง.158 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,2)(1,0,0)[30]



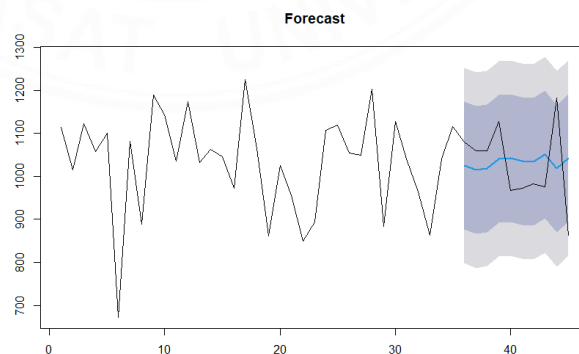
ภาพที่ ง.159 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (3,1,0)(1,0,0)[6]



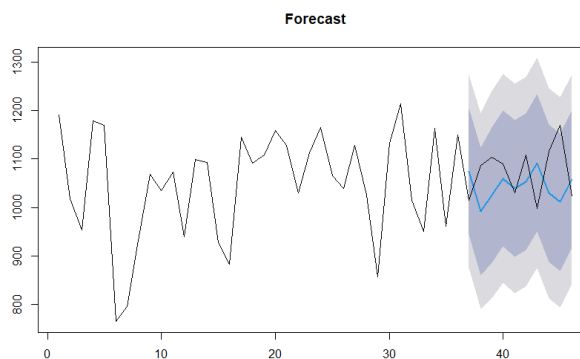
ภาพที่ ง.160 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(0,0,0)(1,0,0)[8]$



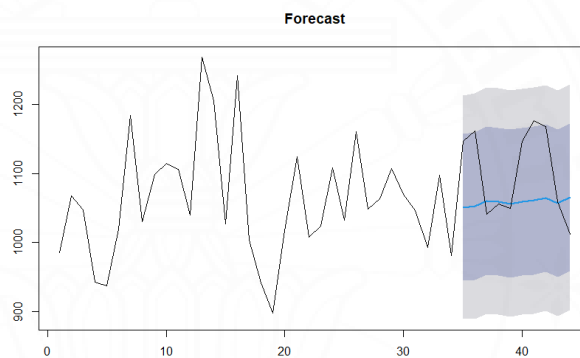
ภาพที่ ง.161 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(0,0,0)(1,0,0)[15]$



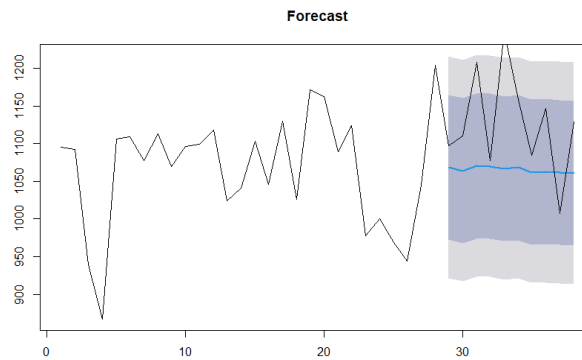
ภาพที่ ง.162 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(0,0,0)(1,0,0)[15]$



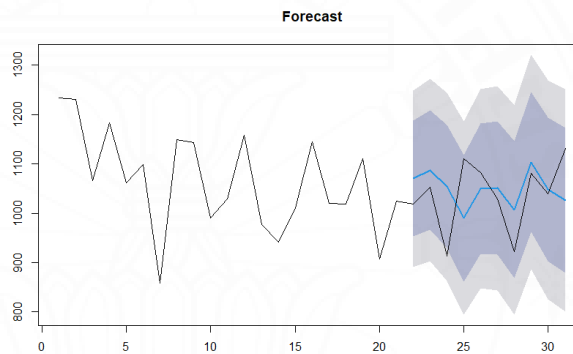
ภาพที่ ง.163 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(2,0,0)(1,0,0)[14]$



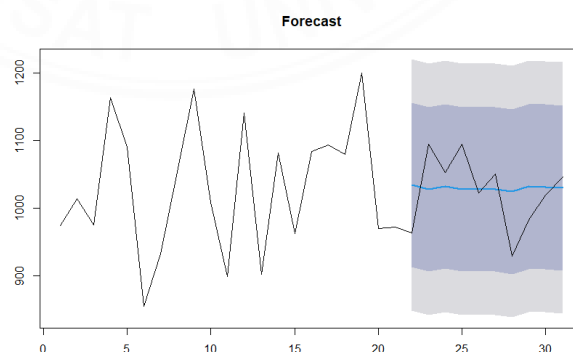
ภาพที่ ง.164 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
 $(0,0,1)(1,0,0)[10]$



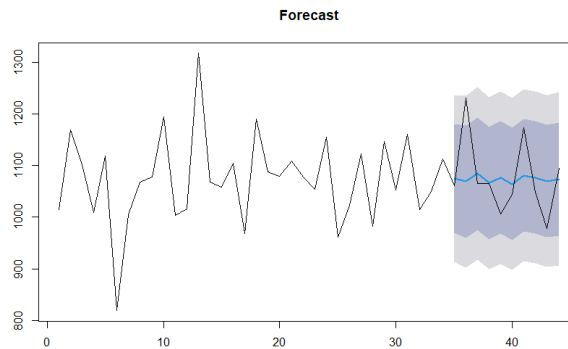
ภาพที่ ง.165 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,0)(1,0,0)[12]$



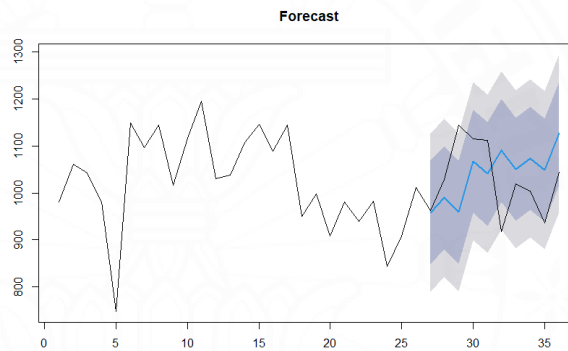
ภาพที่ ง.166 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,1)(1,0,0)[9]$



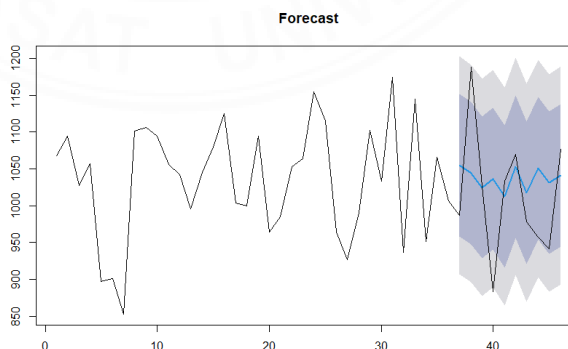
ภาพที่ ง.167 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,0)(1,0,0)[9]$



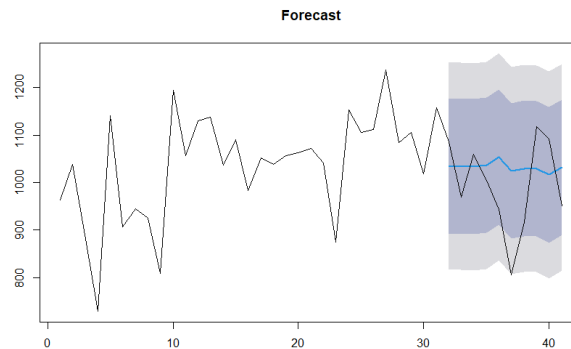
ภาพที่ ง.168 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
(0,0,1)(1,0,0)[9]



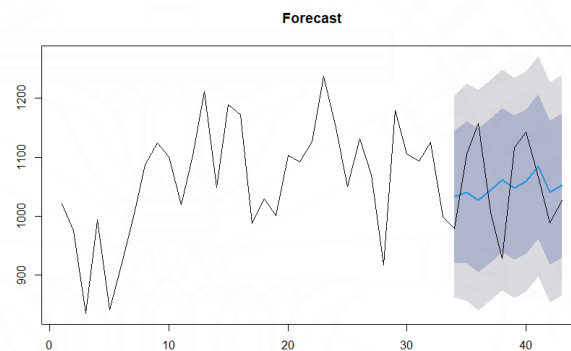
ภาพที่ ง.169 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
(0,0,0)(1,0,0)[12]



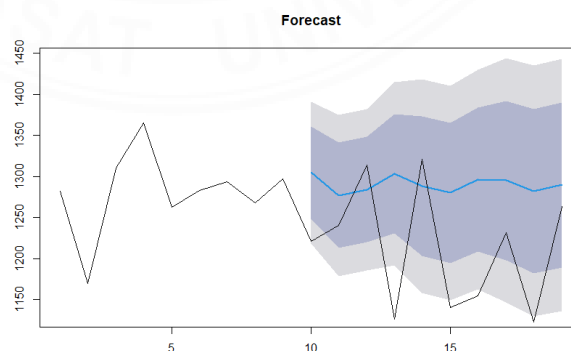
ภาพที่ ง.170 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
(0,0,0)(1,0,0)[10]



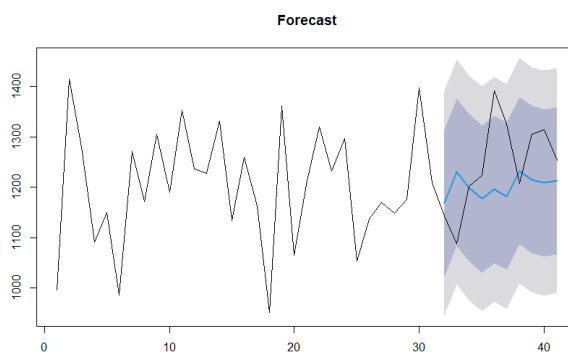
ภาพที่ ง.171 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
(0,0,0)(1,0,0)[13]



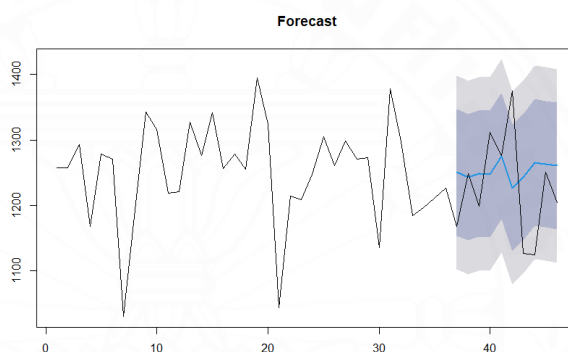
ภาพที่ ง.172 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  
(1,0,0)(1,0,0)[13]



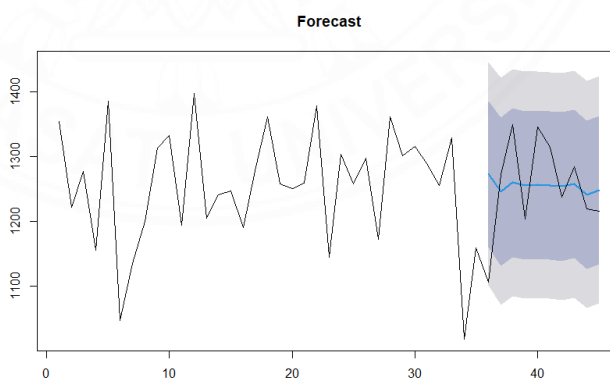
ภาพที่ ง.173 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (3,1,0)(0,0,0)[6]



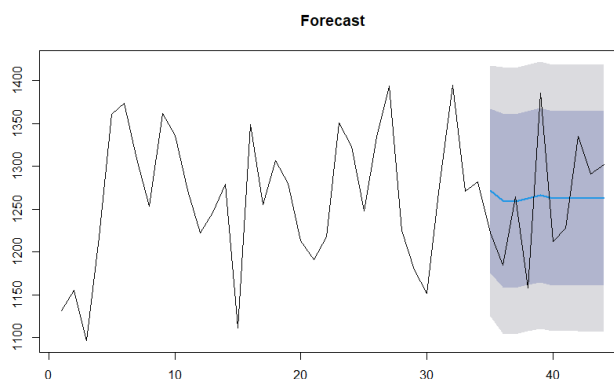
ภาพที่ ง.174 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[13]



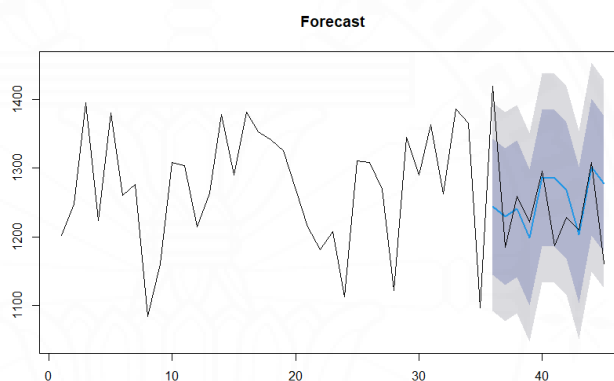
ภาพที่ ง.175 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[11]



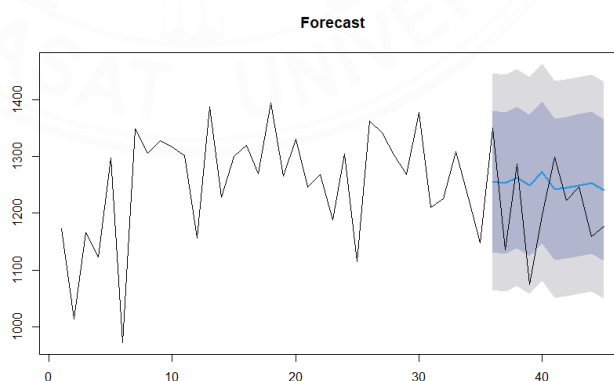
ภาพที่ ง.176 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[10]



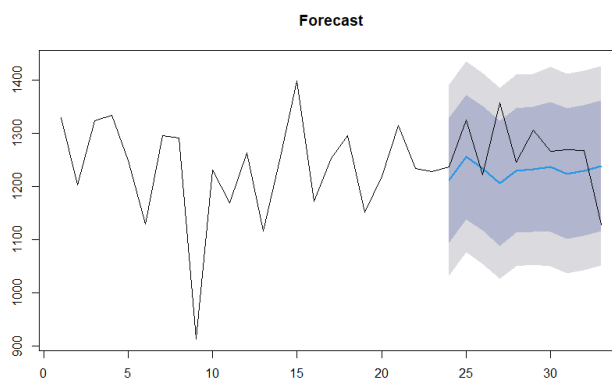
ภาพที่ ง.177 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,1)(0,0,1)[7]



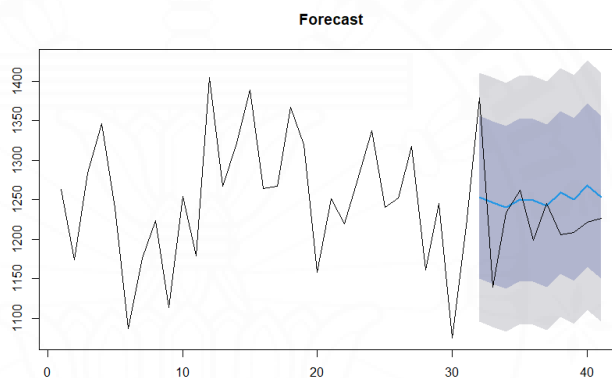
ภาพที่ ง.178 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[15]



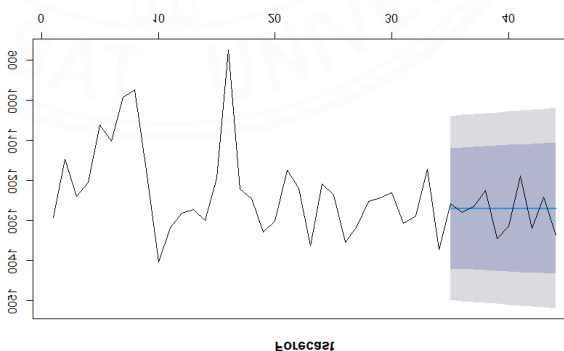
ภาพที่ ง.179 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[15]



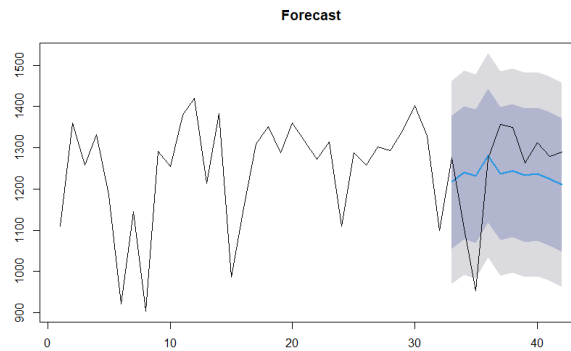
ภาพที่ ง.180 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[6]



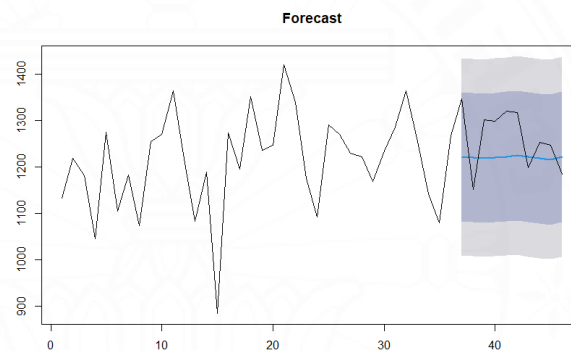
ภาพที่ ง.181 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[10]



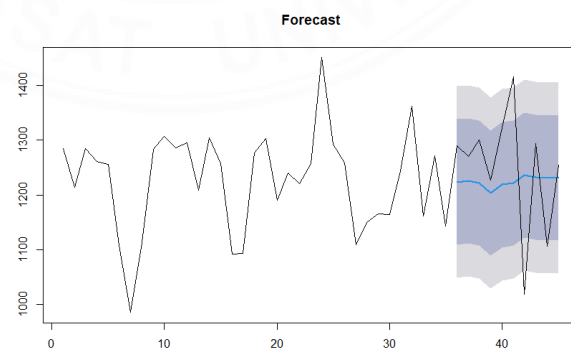
ภาพที่ ง.182 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,1,1)(1,0,0)[10]



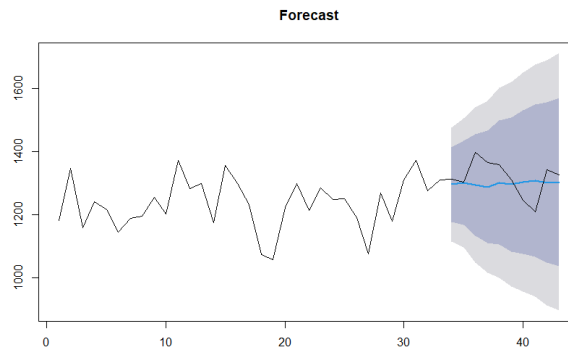
ภาพที่ ง.183 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA  $(1,0,0)(1,0,0)[12]$



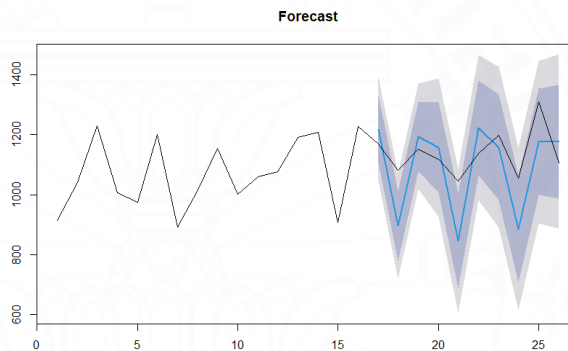
ภาพที่ ง.184 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,1)(1,0,0)[10]$



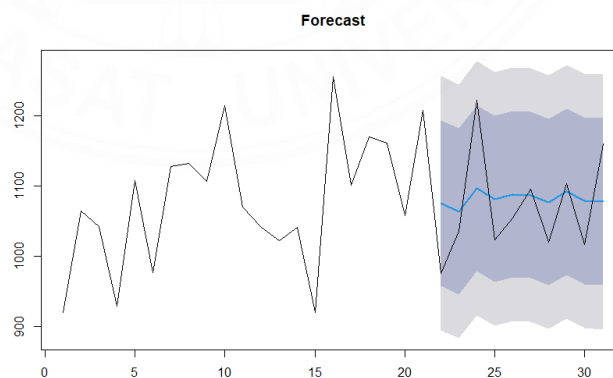
ภาพที่ ง.185 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,0)(1,0,0)[15]$



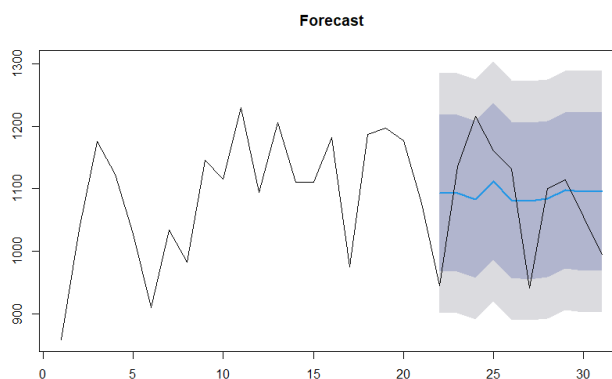
ภาพที่ ง.186 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(1,1,0)(0,0,1)[10]$



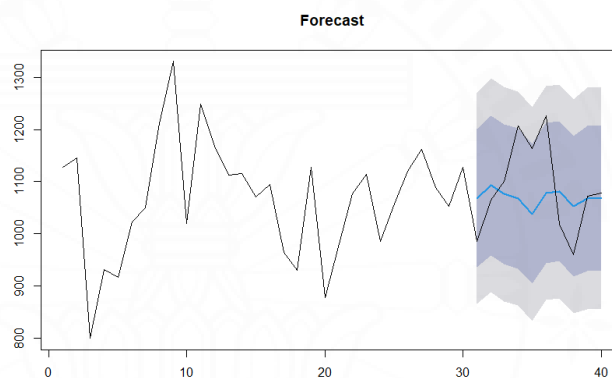
ภาพที่ ง.187 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(2,1,0)(1,0,0)[7]$



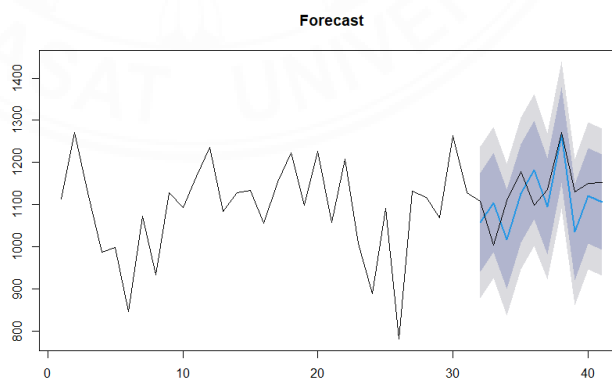
ภาพที่ ง.188 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,0)(1,0,0)[8]$



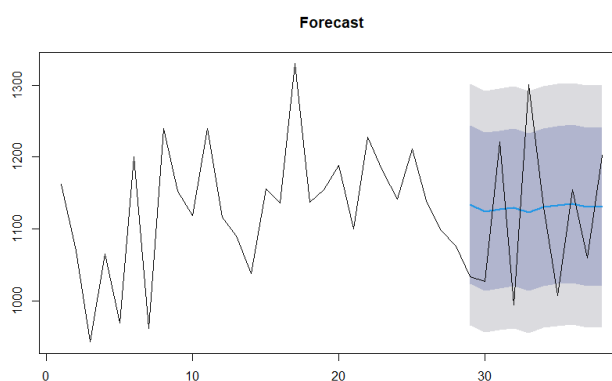
ภาพที่ ง.189 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[8]



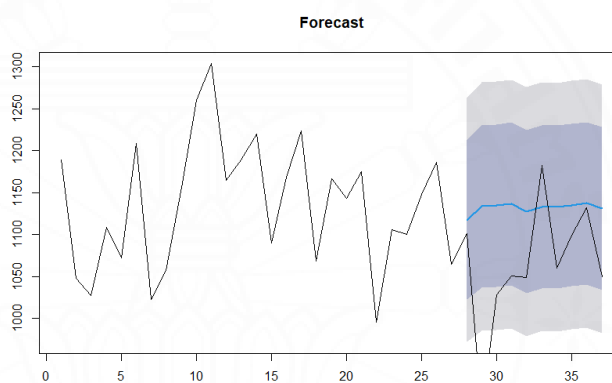
ภาพที่ ง.190 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,1)(0,0,1)[8]



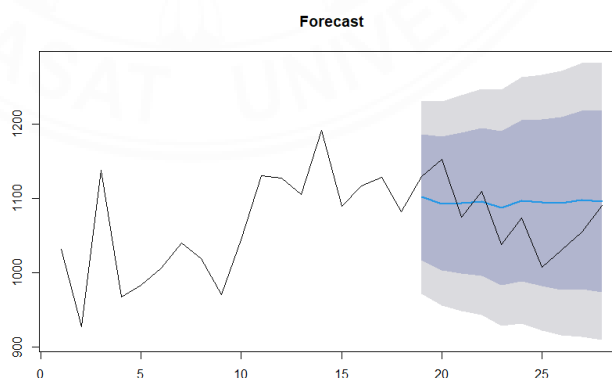
ภาพที่ ง.191 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]



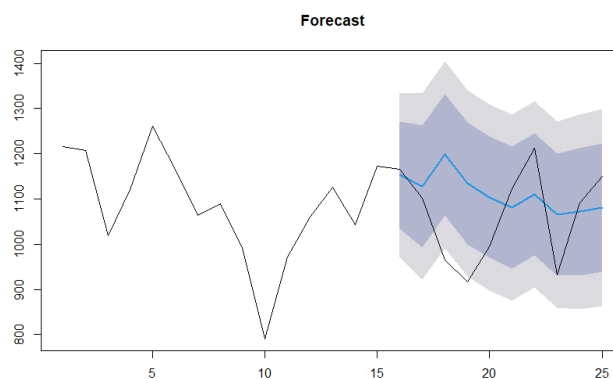
ภาพที่ ง.192 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[8]



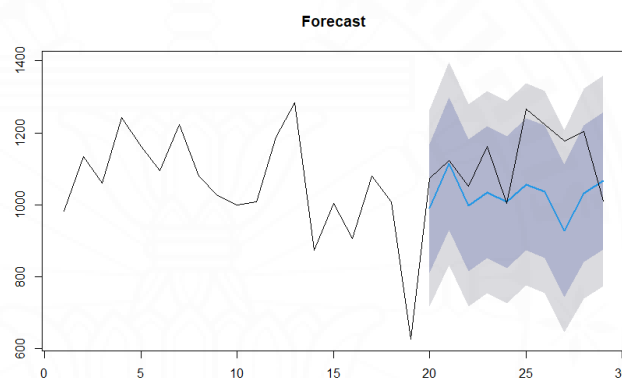
ภาพที่ ง.193 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[10]



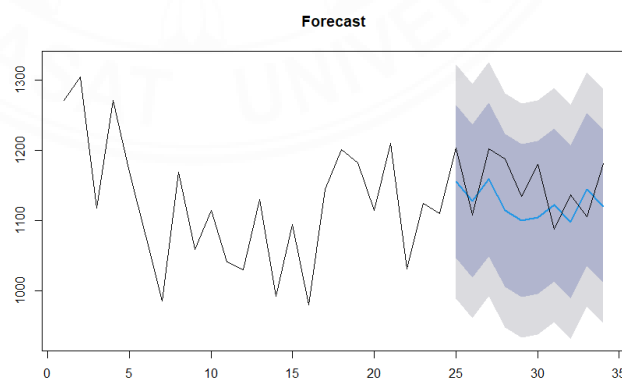
ภาพที่ ง.194 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[9]



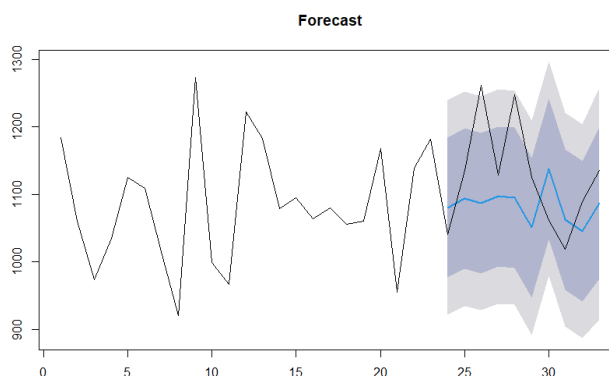
ภาพที่ ง.195 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[8]



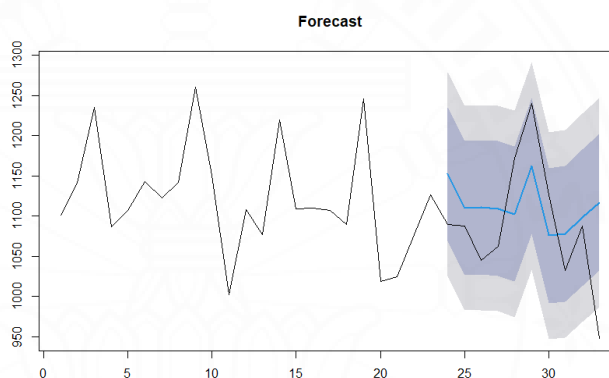
ภาพที่ ง.196 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[8]



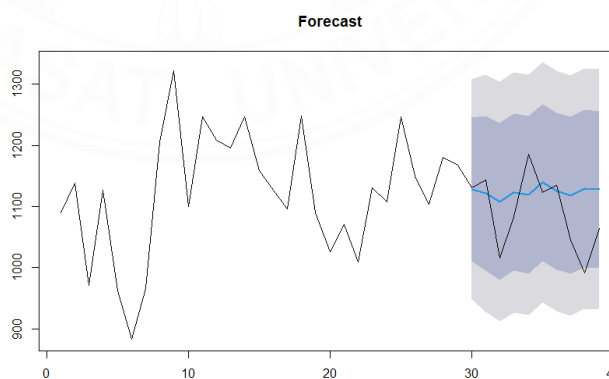
ภาพที่ ง.197 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[11]



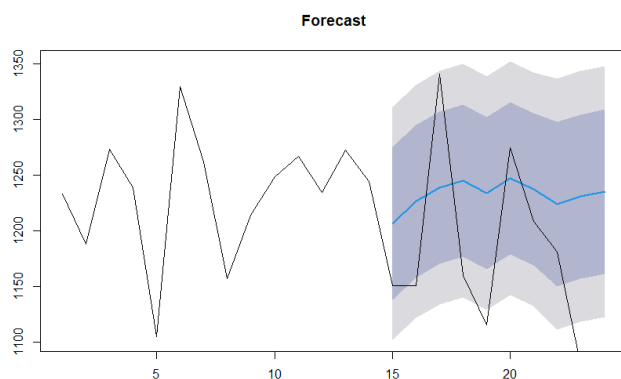
ภาพที่ ง.198 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[9]



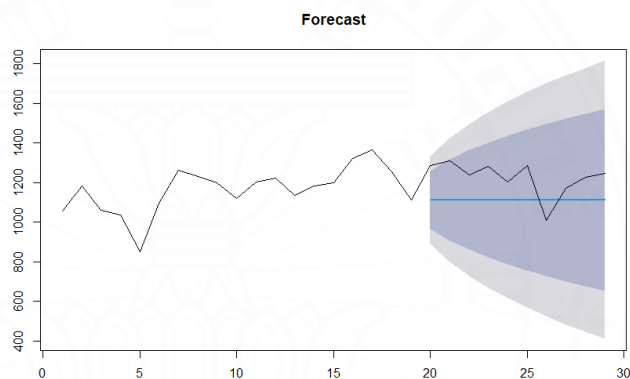
ภาพที่ ง.199 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[10]



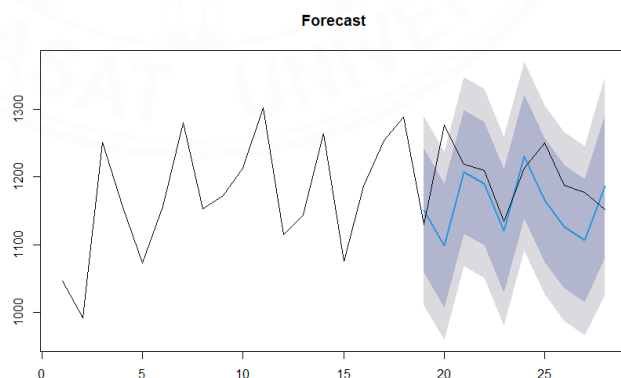
ภาพที่ ง.200 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[10]



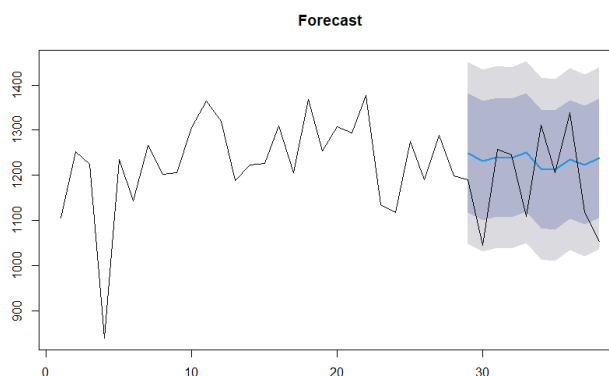
ภาพที่ ง.201 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[7]



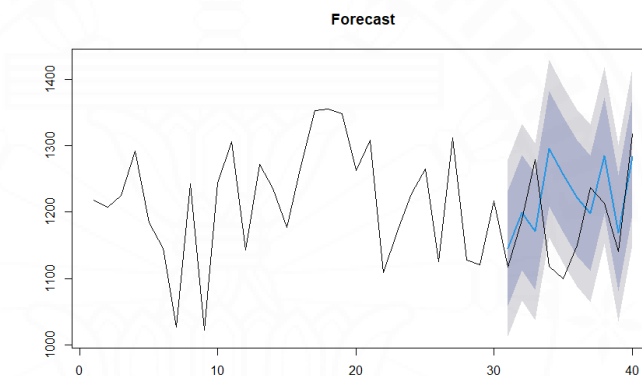
ภาพที่ ง.202 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,0)(0,0,0)[7]



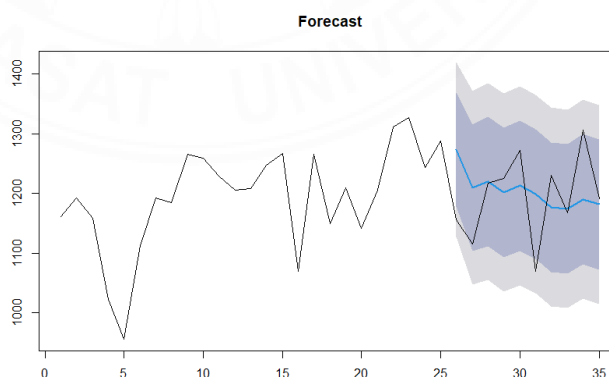
ภาพที่ ง.203 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[9]



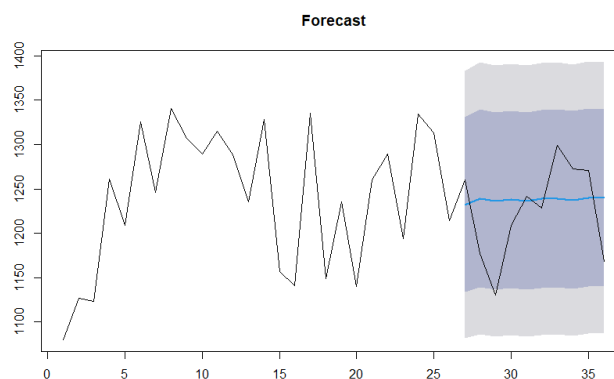
ภาพที่ ง.204 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[11]



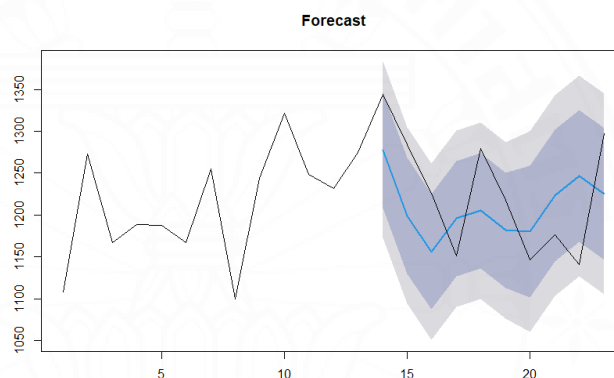
ภาพที่ ง.205 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]



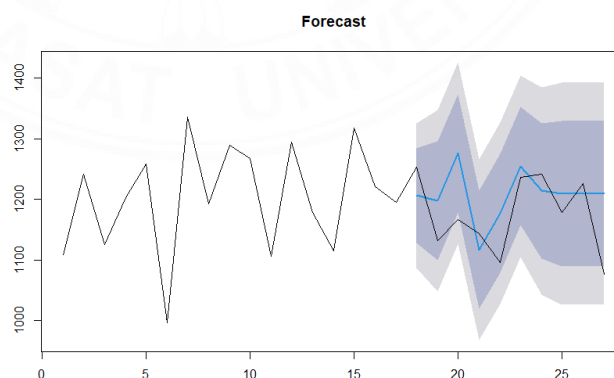
ภาพที่ ง.206 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[10]



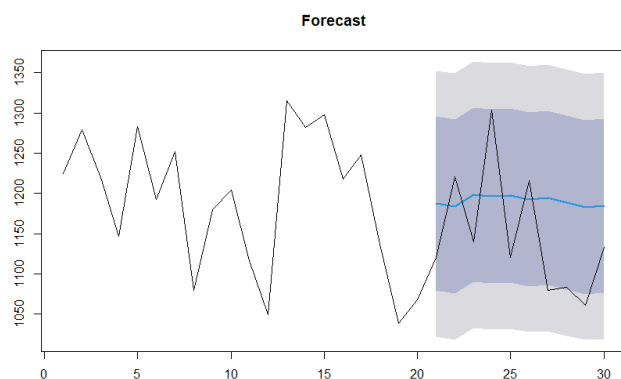
ภาพที่ ง.207 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[11]



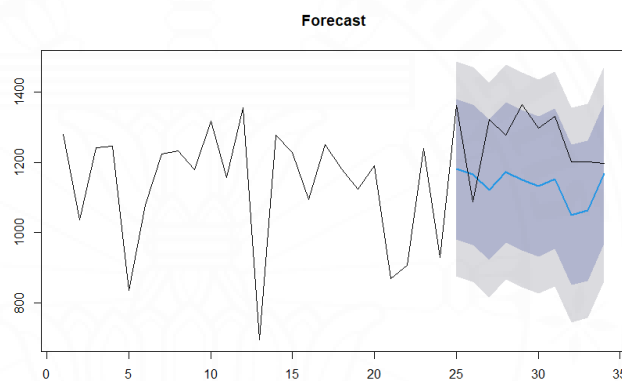
ภาพที่ ง.208 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[6]



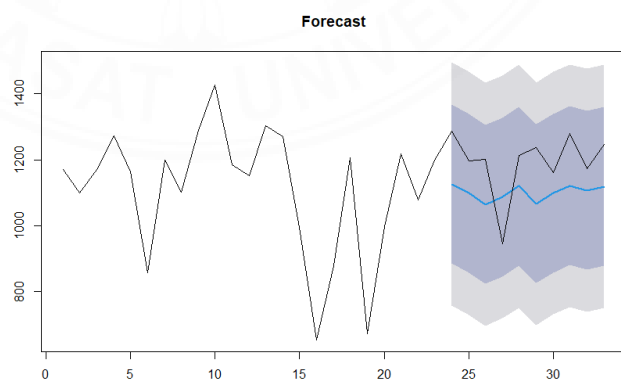
ภาพที่ ง.209 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,1)(0,0,1)[6]



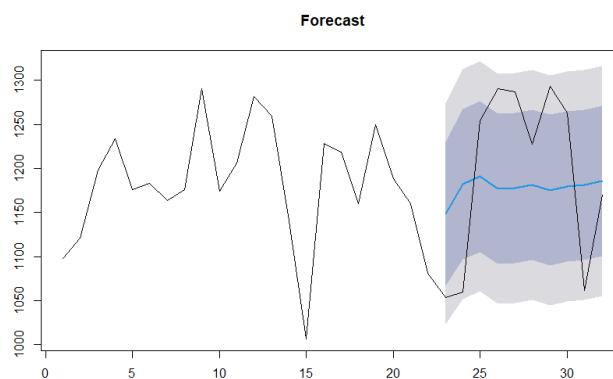
ภาพที่ ง.210 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[10]



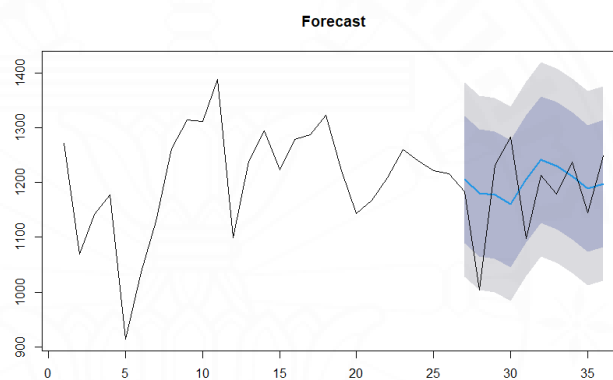
ภาพที่ ง.211 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[11]



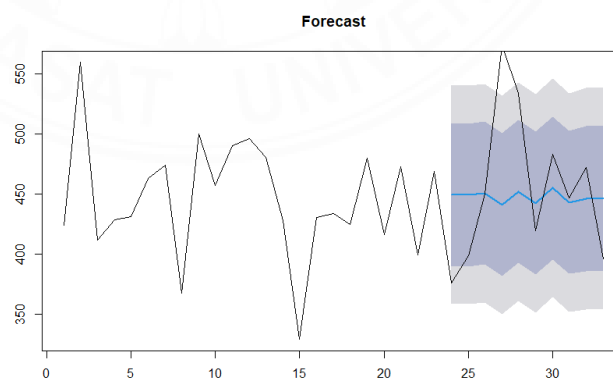
ภาพที่ ง.212 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[10]



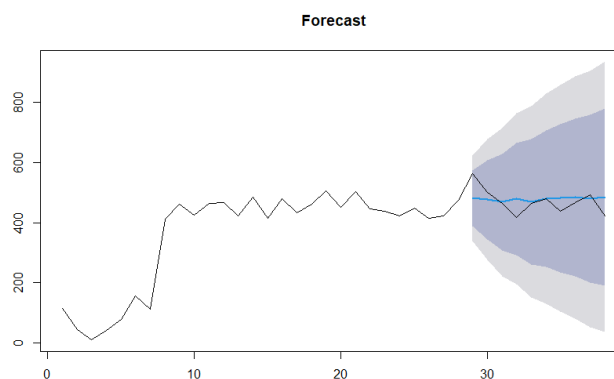
ภาพที่ ง.213 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,1)(1,0,0)[10]



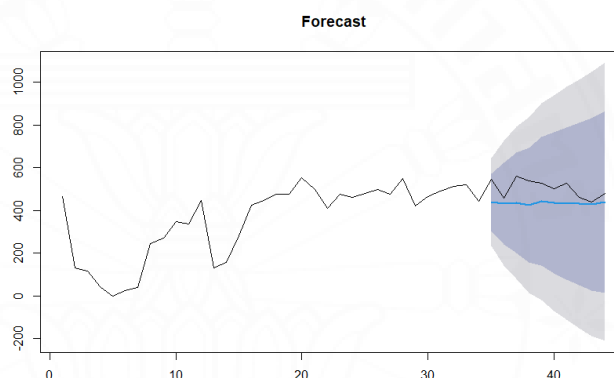
ภาพที่ ง.214 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]



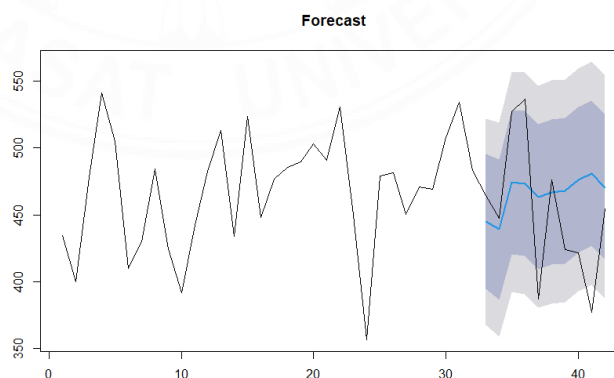
ภาพที่ ง.215 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[8]



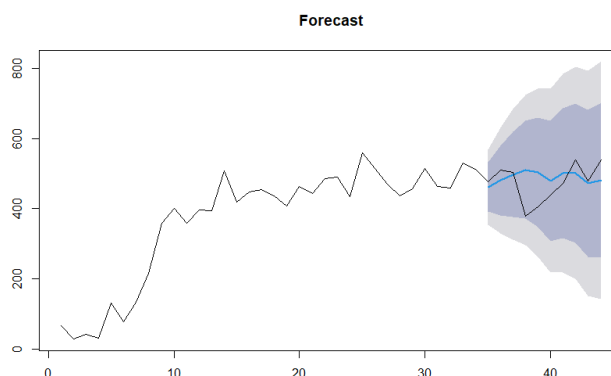
ภาพที่ ง.216 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,0)(1,0,0)[12]



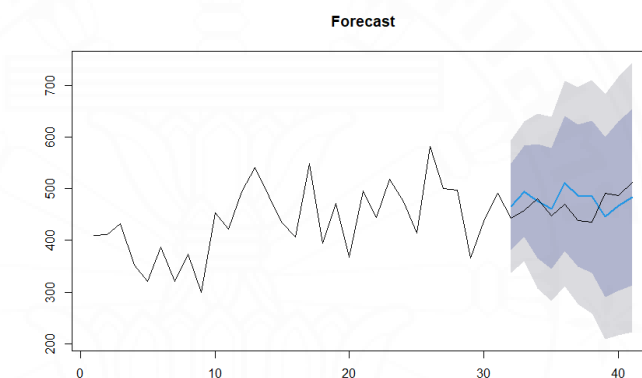
ภาพที่ ง.217 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,0)(0,0,1)[10]



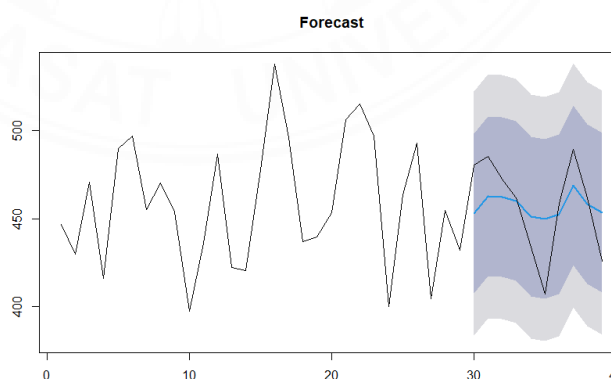
ภาพที่ ง.218 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,0,0)(1,0,0)[10]



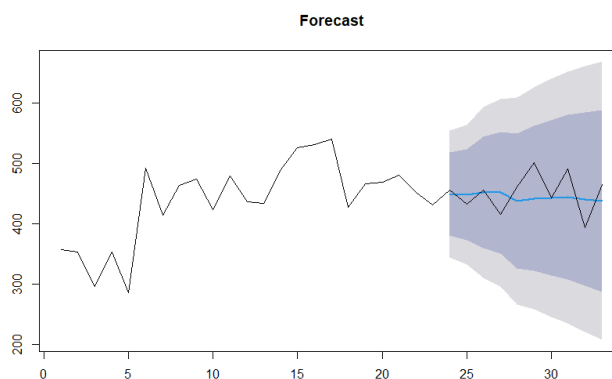
ภาพที่ ง.219 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,0)(1,0,0)[10]



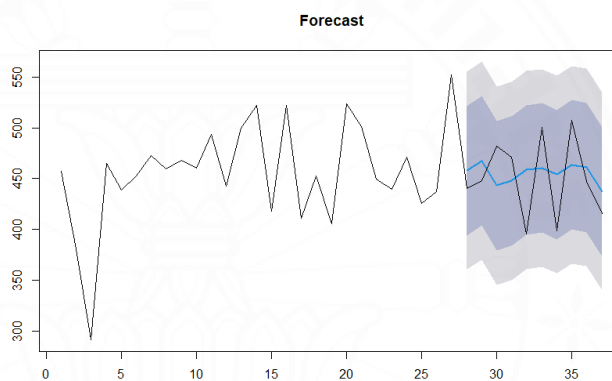
ภาพที่ ง.220 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,1,0)(1,0,0)[10]



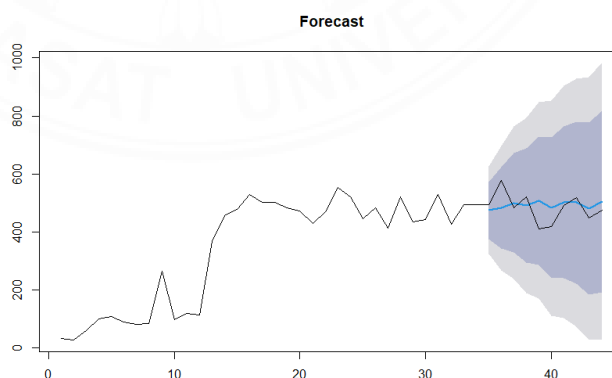
ภาพที่ ง.221 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[13]



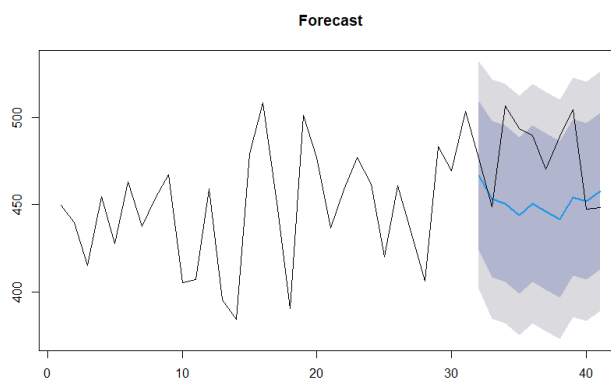
ภาพที่ ง.222 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (2,1,0)(1,0,0)[10]



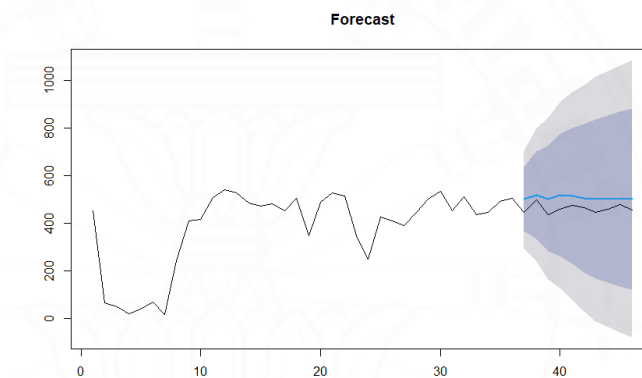
ภาพที่ ง.223 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[10]



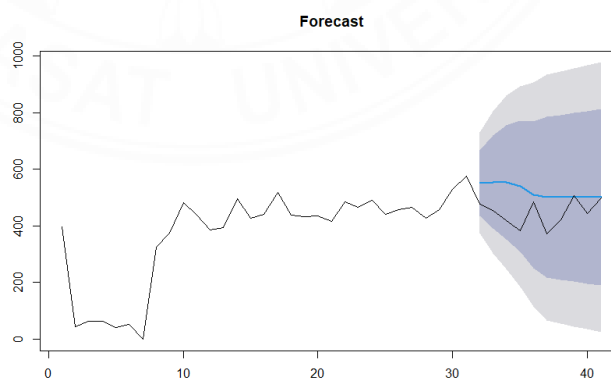
ภาพที่ ง.224 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,0)(1,0,0)[12]



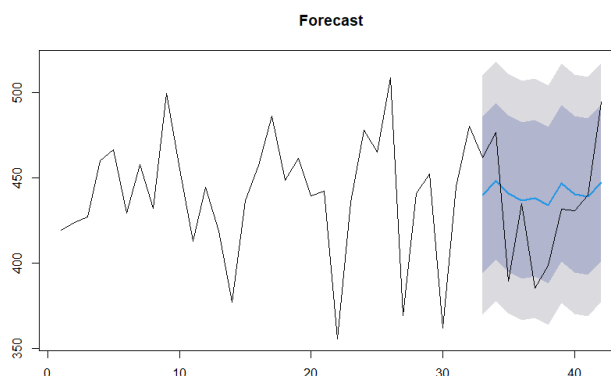
ภาพที่ ง.225 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,2)(1,0,0)[10]



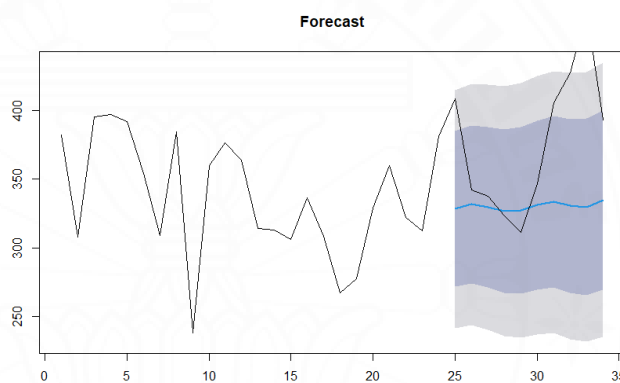
ภาพที่ ง.226 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (1,1,0)(0,0,1)[7]



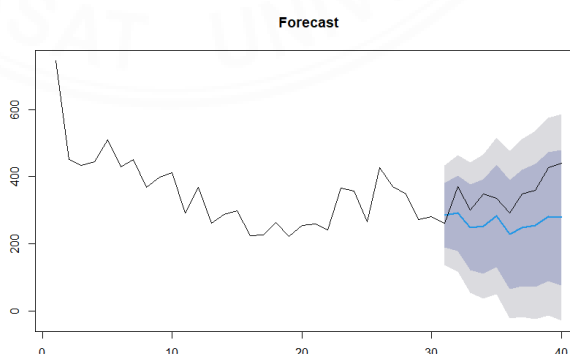
ภาพที่ ง.227 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,0)(0,0,1)[6]



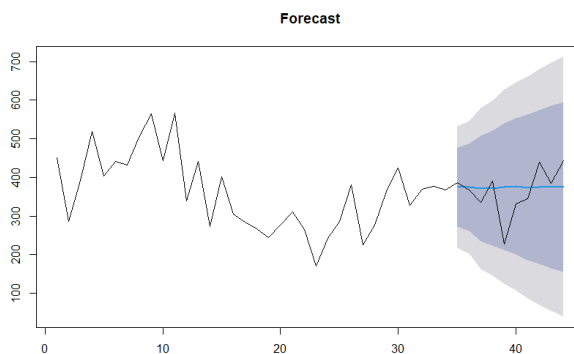
ภาพที่ ง.228 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,0,0)(1,0,0)[12]



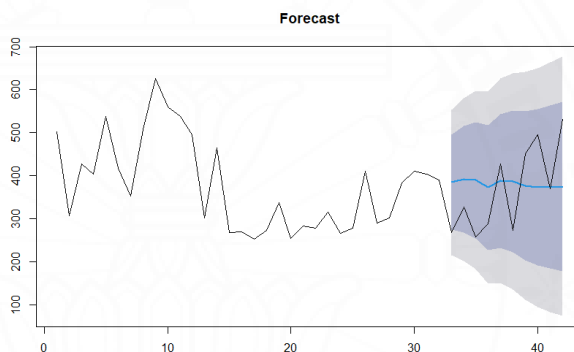
ภาพที่ ง.229 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (1,0,0)(1,0,0)[10]



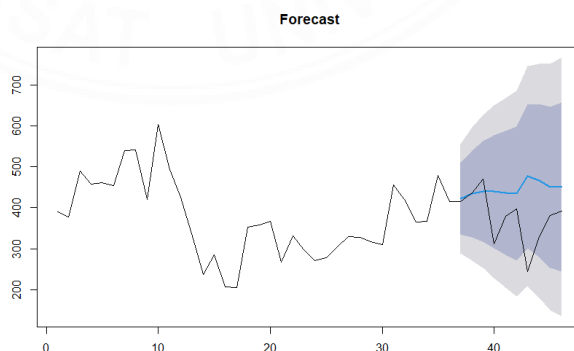
ภาพที่ ง.230 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA (0,1,1)(1,0,0)[10]



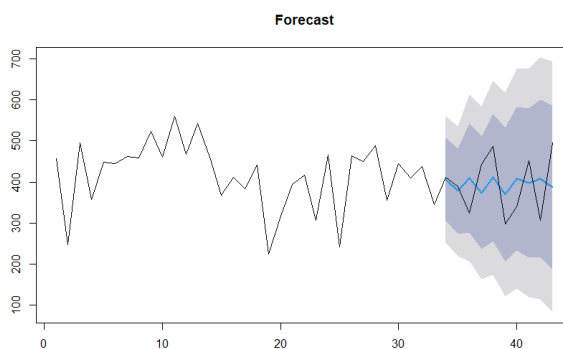
ภาพที่ ง.231 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(1,1,0)(1,0,0)[10]$



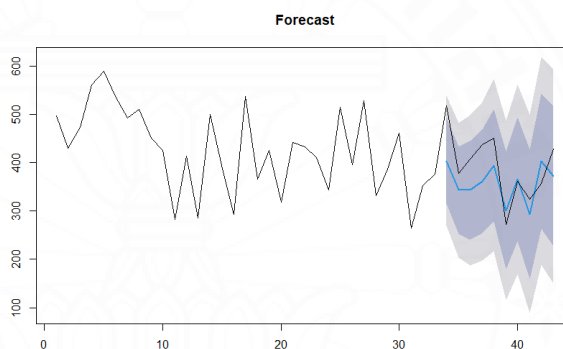
ภาพที่ ง.232 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,3)(1,0,0)[10]$



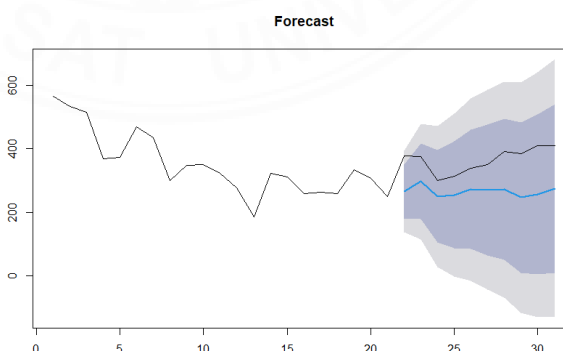
ภาพที่ ง.233 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(2,1,0)(1,0,0)[12]$



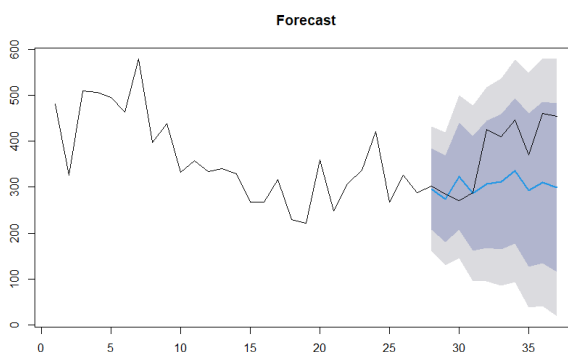
ภาพที่ ง.234 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(1,1,0)(1,0,0)[14]$



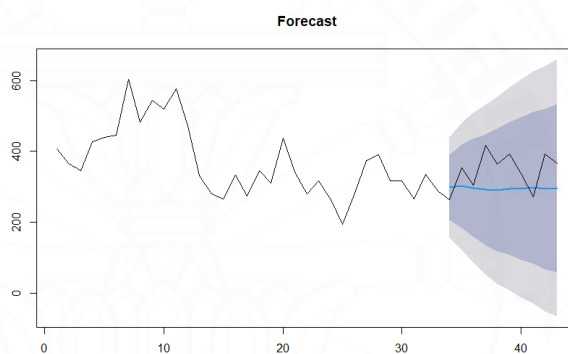
ภาพที่ ง.235 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(3,1,0)(1,0,0)[14]$



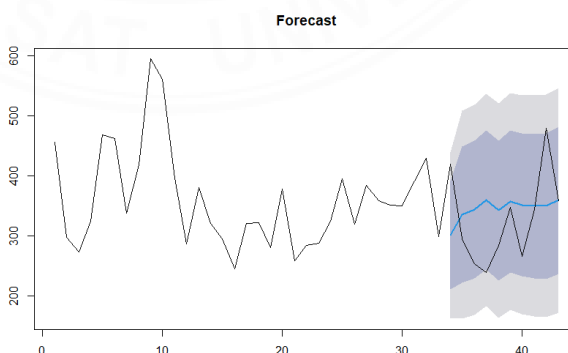
ภาพที่ ง.236 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,0)(1,0,0)[10]$



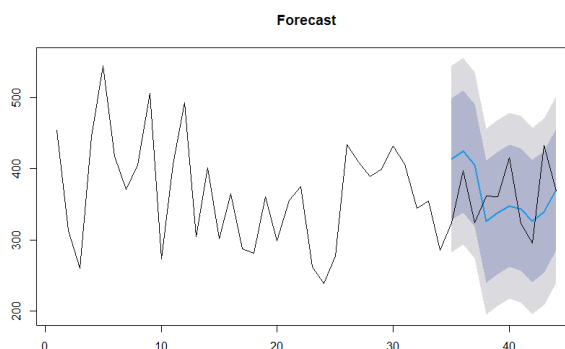
ภาพที่ ง.237 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(1,1,0)(1,0,0)[10]$



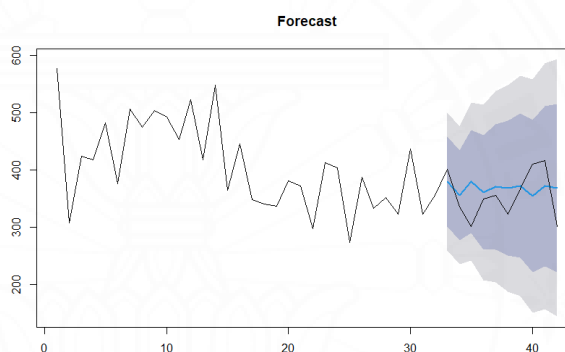
ภาพที่ ง.238 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,1)(1,0,0)[10]$



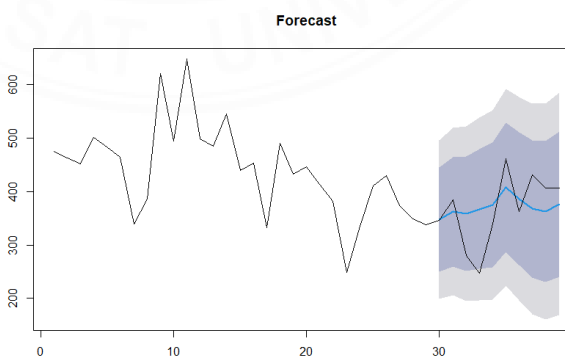
ภาพที่ ง.239 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,1)(1,0,0)[12]$



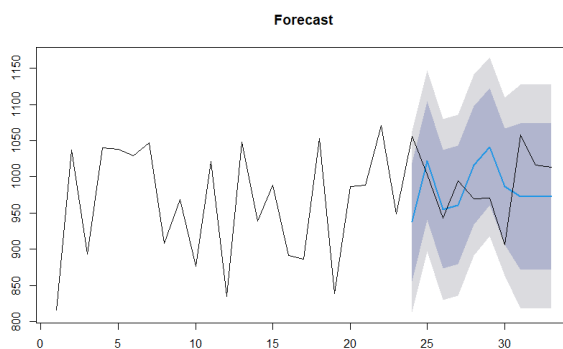
ภาพที่ ง.240 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,1)(1,0,0)[12]$



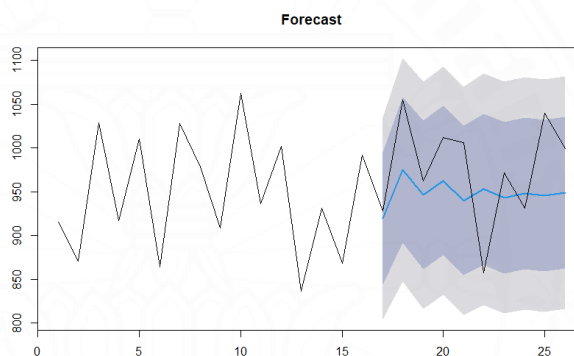
ภาพที่ ง.241 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,2)(0,0,1)[10]$



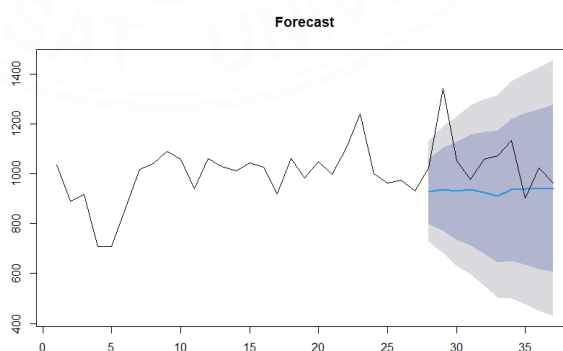
ภาพที่ ง.242 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์ริมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,1)(1,0,0)[12]$



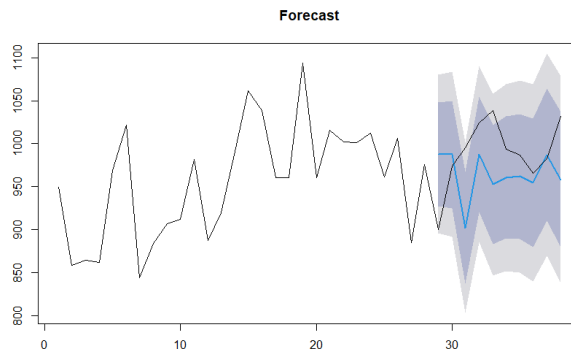
ภาพที่ ง.243 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,0)(0,0,1)[7]$



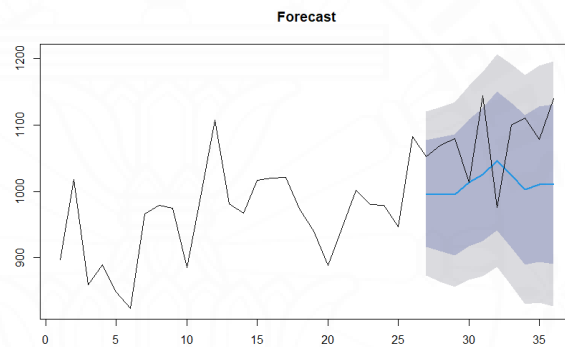
ภาพที่ ง.244 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(1,0,0)(1,0,0)[5]$



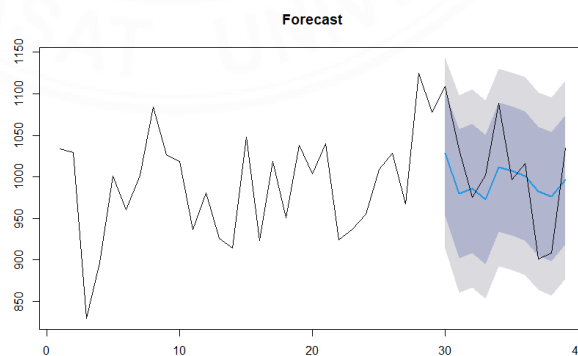
ภาพที่ ง.245 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,1)(1,0,0)[10]$



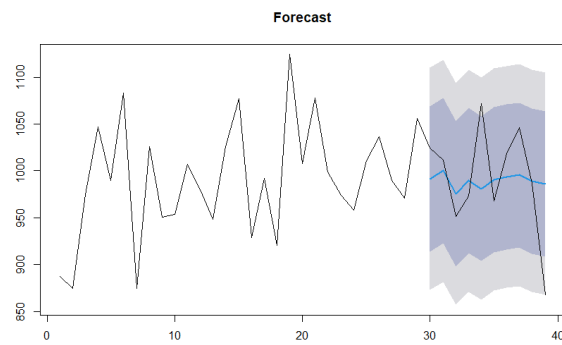
ภาพที่ ง.246 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,1)(1,0,0)[12]$



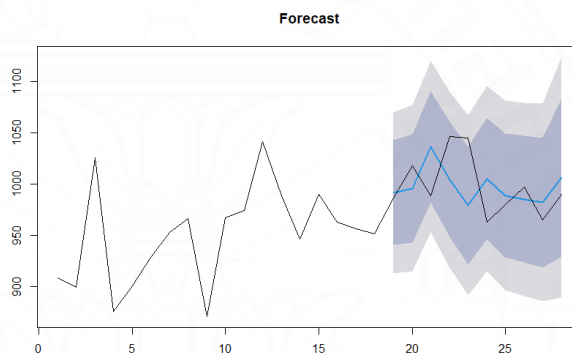
ภาพที่ ง.247 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,1)(1,0,0)[12]$



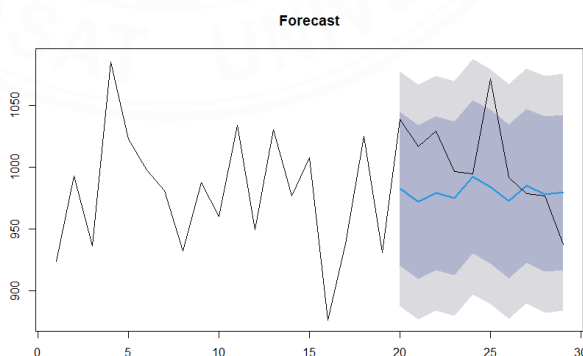
ภาพที่ ง.248 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(1,0,0)(1,0,0)[12]$



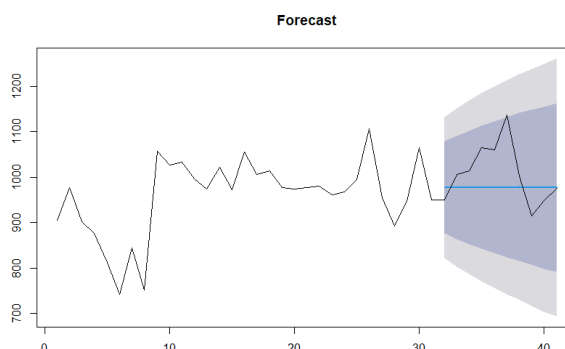
ภาพที่ ง.249 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,0)(1,0,0)[13]$



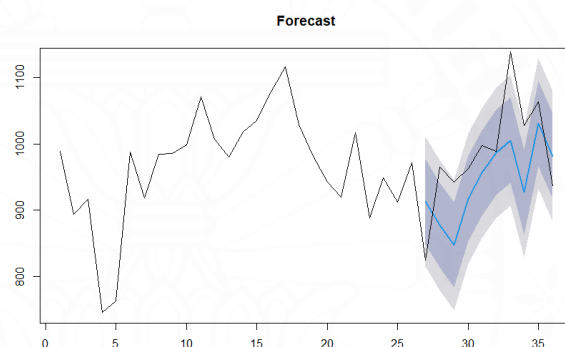
ภาพที่ ง.250 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,1)(1,0,0)[9]$



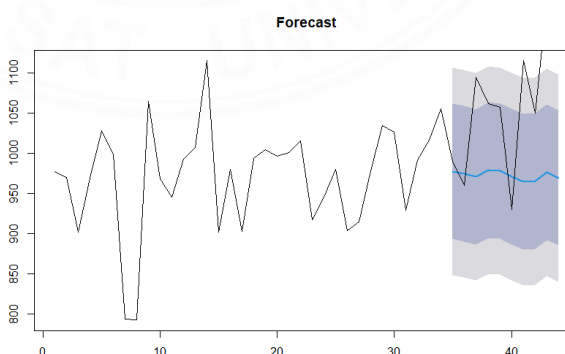
ภาพที่ ง.251 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,0)(1,0,0)[8]$



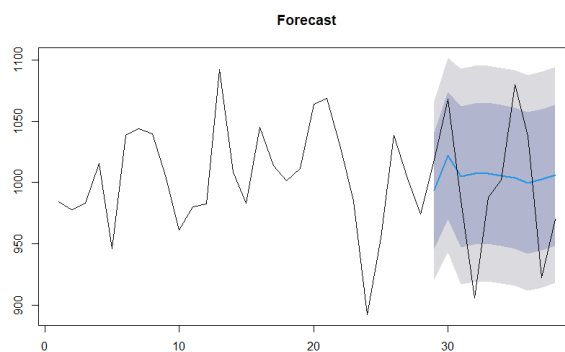
ภาพที่ ง.252 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,1)(1,0,0)[12]$



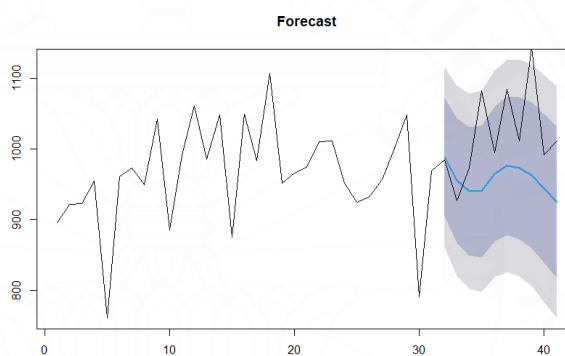
ภาพที่ ง.253 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,0)(1,0,0)[12]$



ภาพที่ ง.254 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(1,1,0)(1,0,0)[12]$

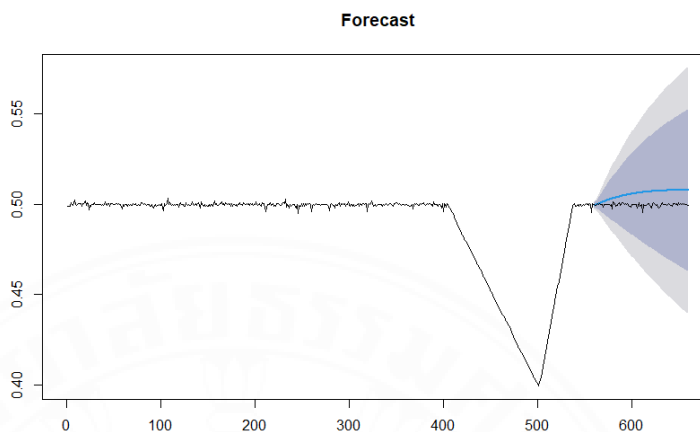


ภาพที่ ง.255 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,0,2)(1,0,0)[12]$

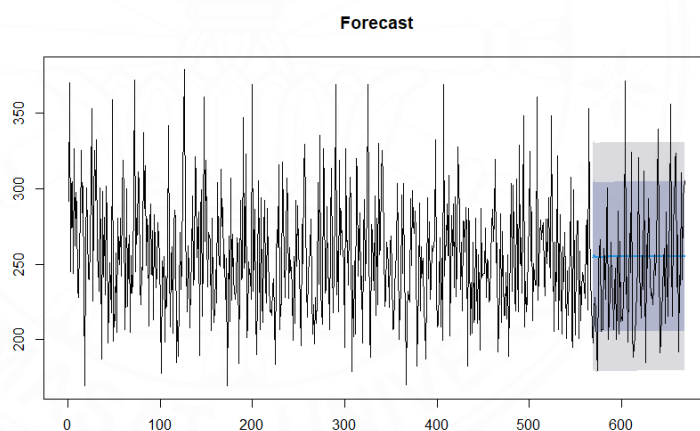


ภาพที่ ง.256 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาอาร์มีมาแบบฤดูกาล SARIMA  $(0,1,2)(1,0,0)[12]$

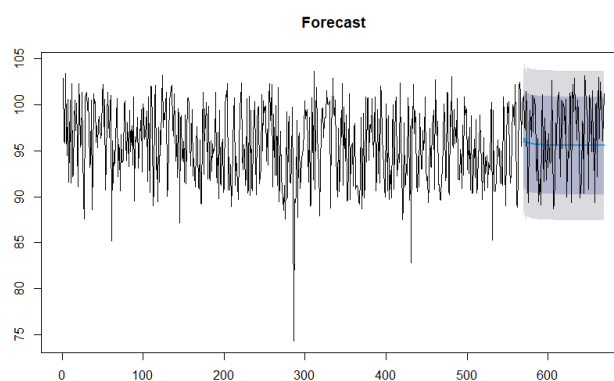
ง.3 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average - ARFIMA หรือ FARIMA)



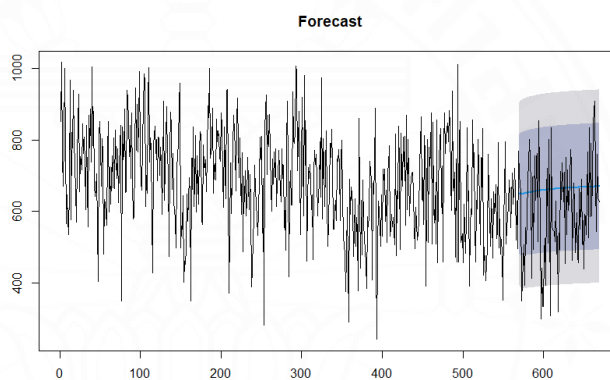
ภาพที่ ง.257 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (1,0.48,5)



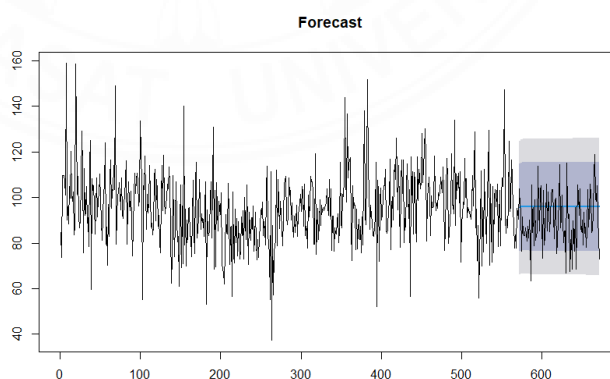
ภาพที่ ง.258 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.cesnet.cz ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (4,0.04,0)



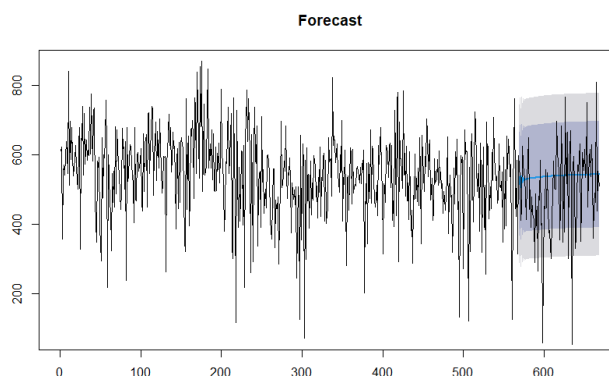
ภาพที่ ง.259 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัวดิคท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.17,1)



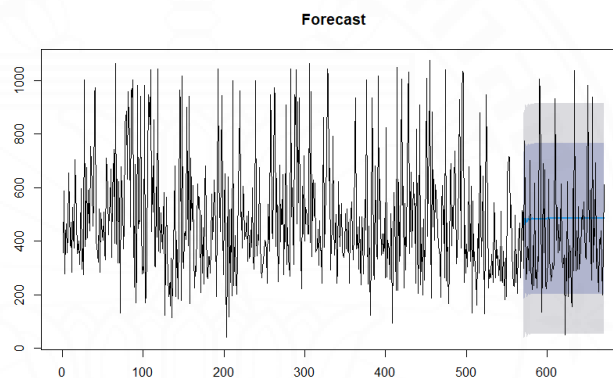
ภาพที่ ง.260 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัวดิคท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.dl.ac.uk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.25,0)



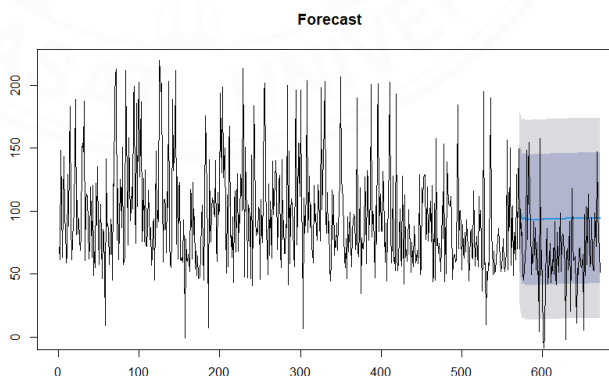
ภาพที่ ง.261 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัวดิคท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.ece.rice.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.40,3)



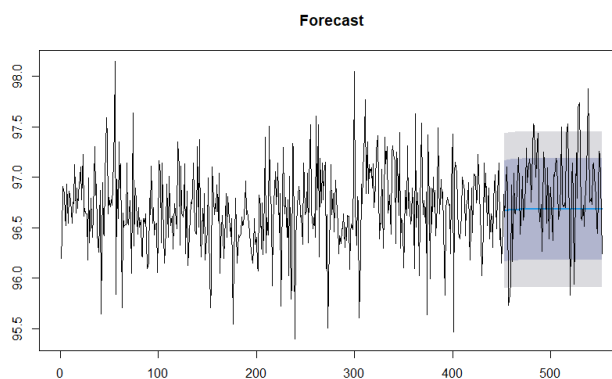
ภาพที่ ง.262 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.fnal.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.002,5)



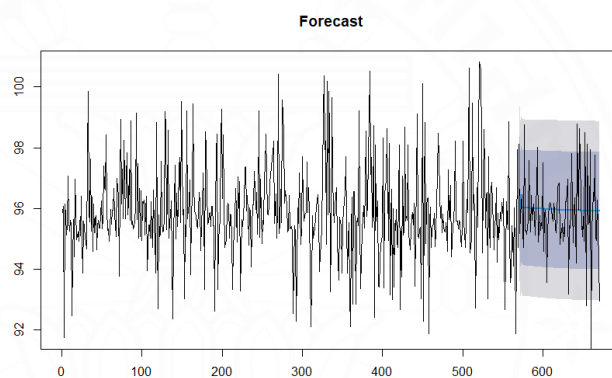
ภาพที่ ง.263 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.fzk.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.01,3)



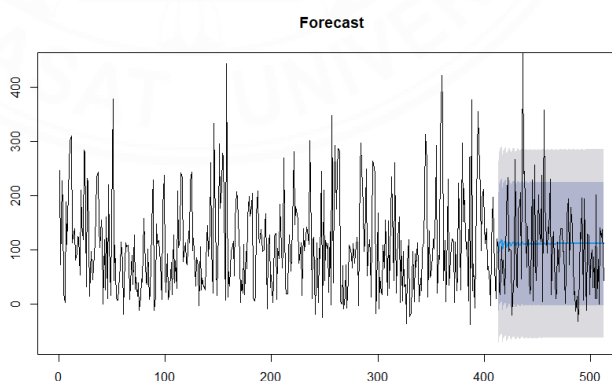
ภาพที่ ง.264 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.in2p3.fr ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.14,5)



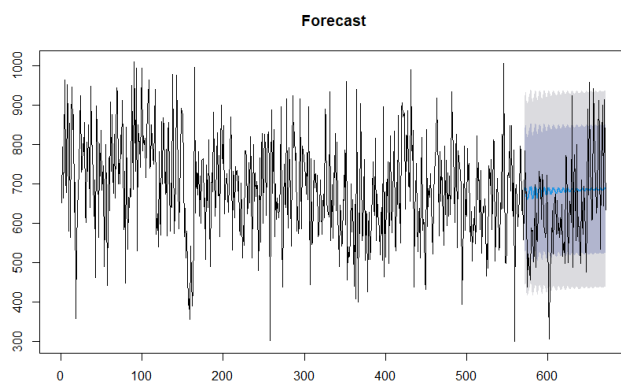
ภาพที่ ง.265 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.indiana.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.17,1)



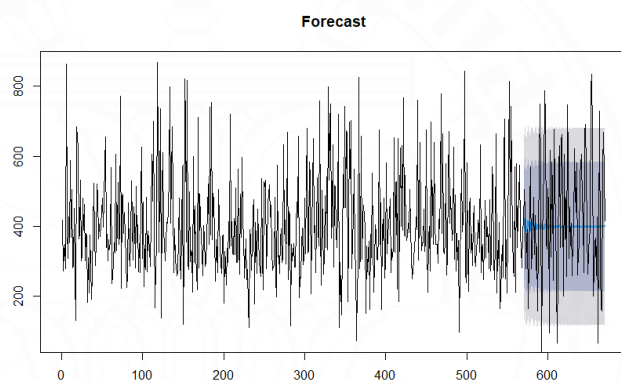
ภาพที่ ง.266 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.internet2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.10,5)



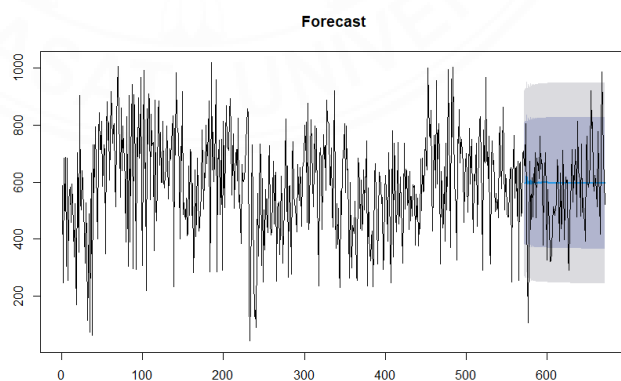
ภาพที่ ง.267 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.kek.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.01,4)



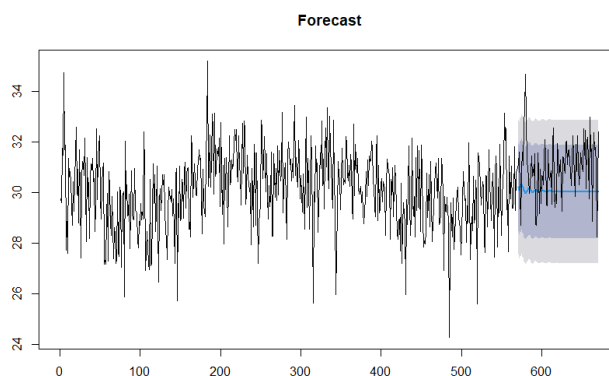
ภาพที่ ง.268 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.lbl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.17,5)



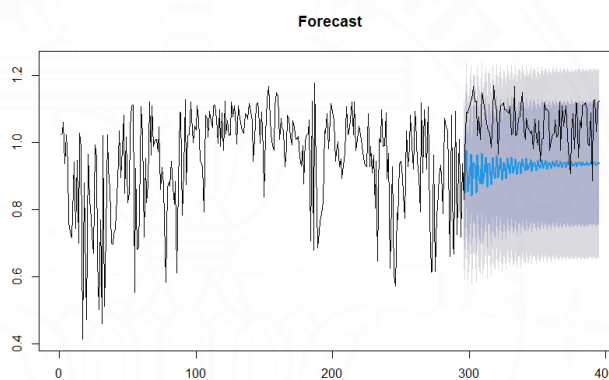
ภาพที่ ง.269 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.lsa.umich.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.01,3)



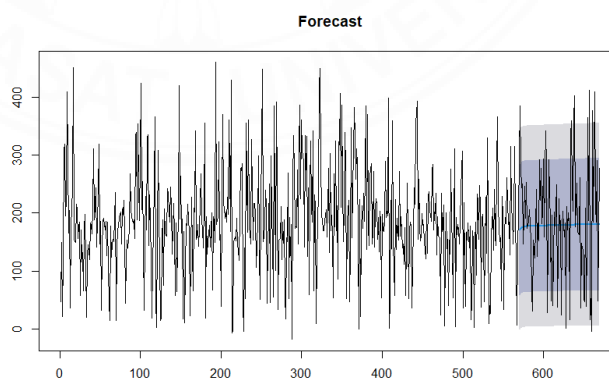
ภาพที่ ง.270 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.mcs.anl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.31,1)



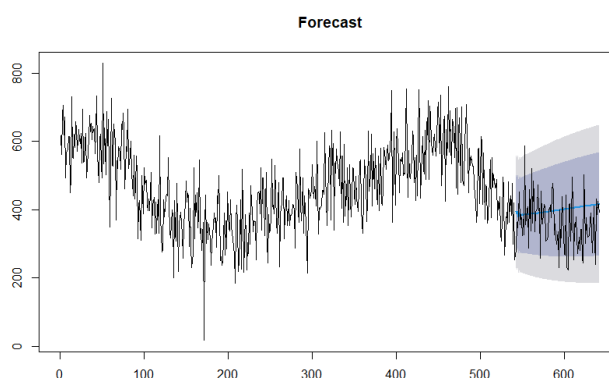
ภาพที่ ง.271 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.mib.infn.it ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (4,0.25,3)



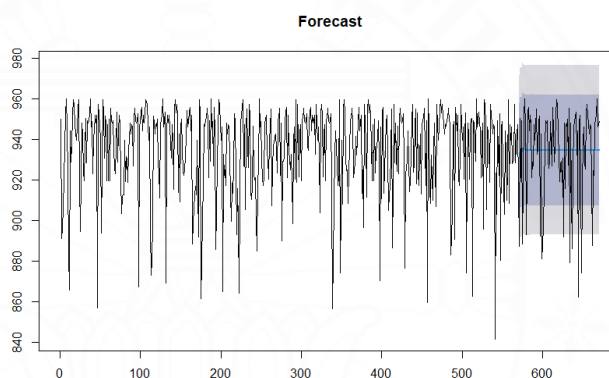
ภาพที่ ง.272 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.niit.pk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (5,0.27,5)



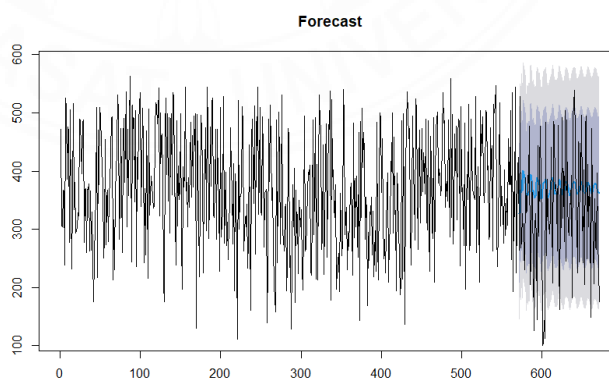
ภาพที่ ง.273 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.nikhef.nl ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (1,0.38,4)



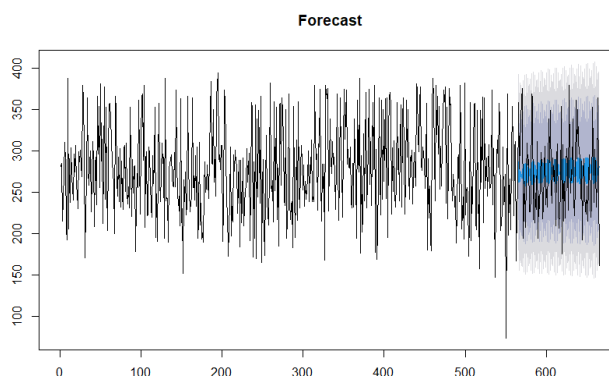
ภาพที่ ง.274 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง  
node1.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.19,5)



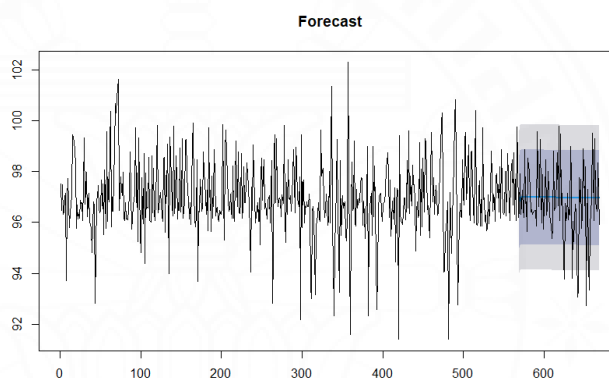
ภาพที่ ง.275 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง  
node1.riken.go.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.002,1)



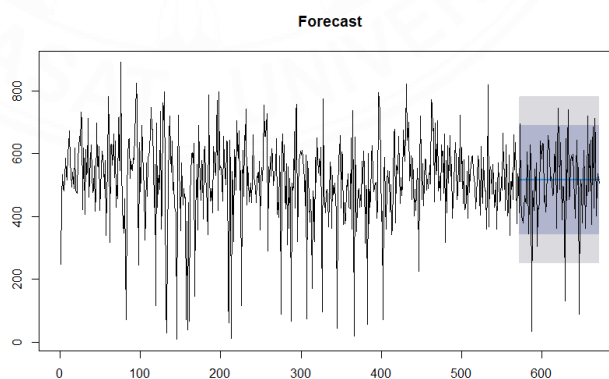
ภาพที่ ง.276 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง  
node1.sdsc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.09,5)



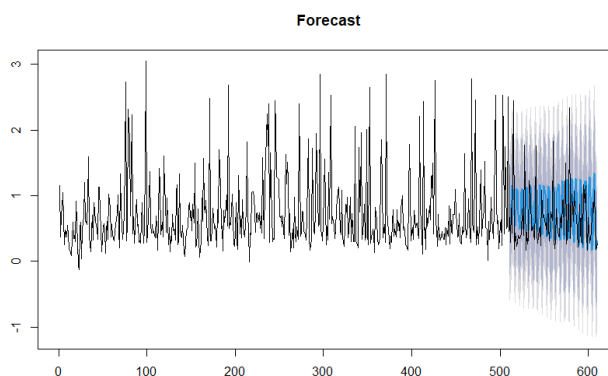
ภาพที่ ง.277 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.sox.i2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.24,5)



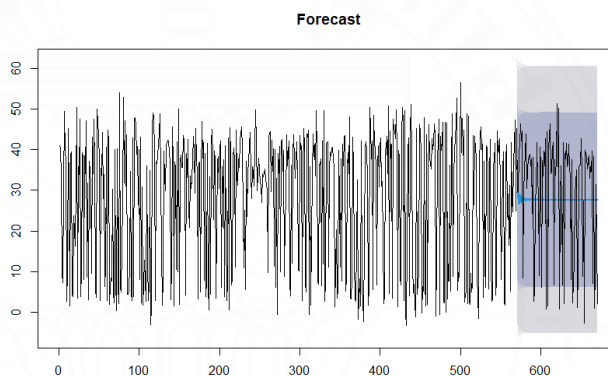
ภาพที่ ง.278 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.stanford.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.09,2)



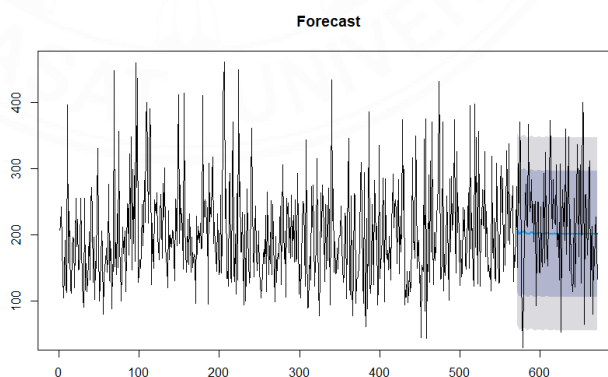
ภาพที่ ง.279 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.switch.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.04,1)



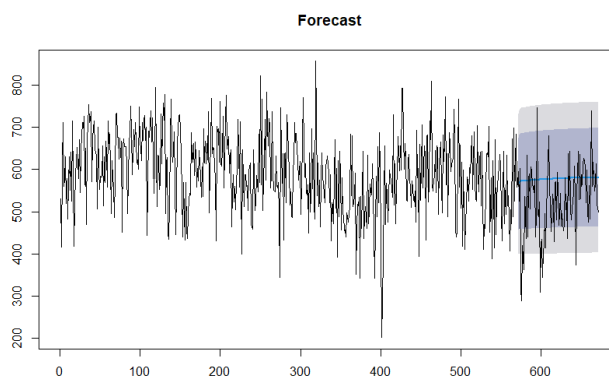
ภาพที่ ง.280 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.uiuc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.32,4)



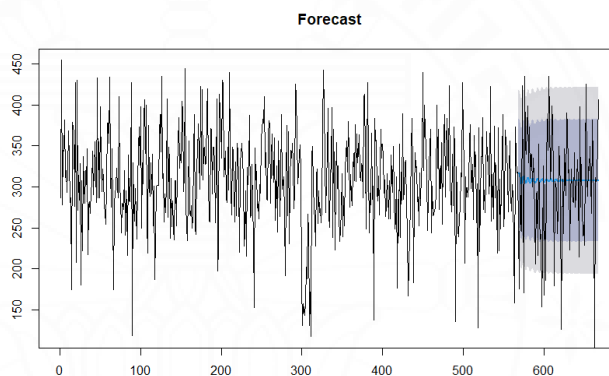
ภาพที่ ง.281 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.utdallas.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.03,2)



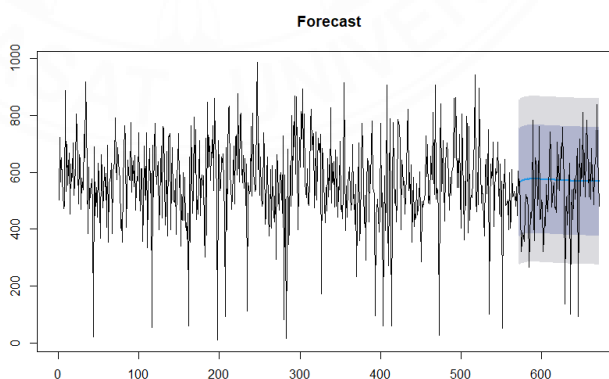
ภาพที่ ง.282 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.ccs.ornl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.09,5)



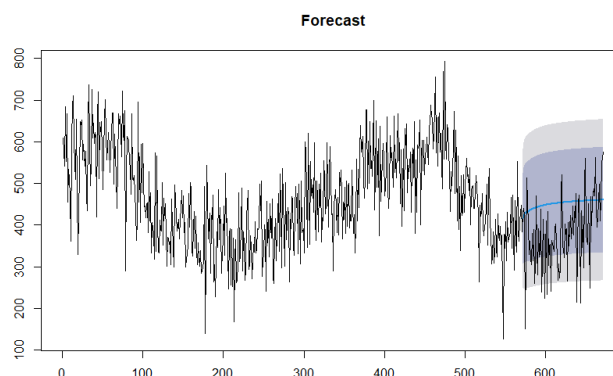
ภาพที่ ง.283 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.cern.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (3,0.34,1)



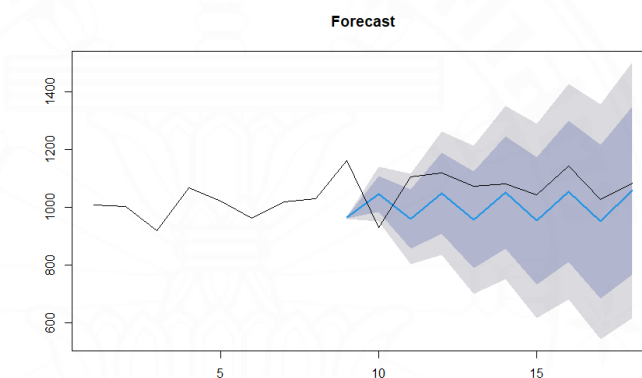
ภาพที่ ง.284 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.gsfc.nasa.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (5,0.48,5)



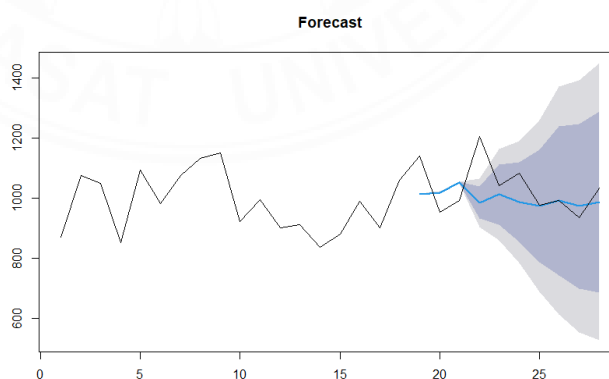
ภาพที่ ง.285 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.nersc.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (2,0.22,4)



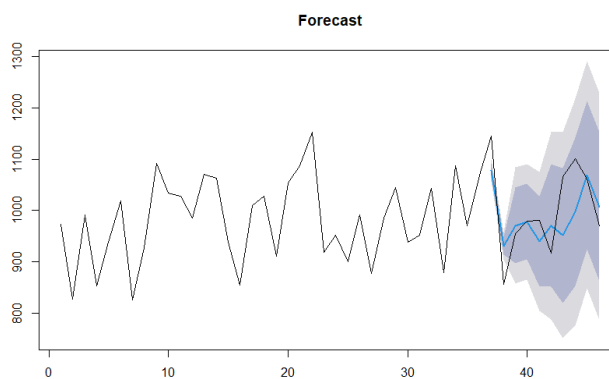
ภาพที่ ง.286 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.32,0)



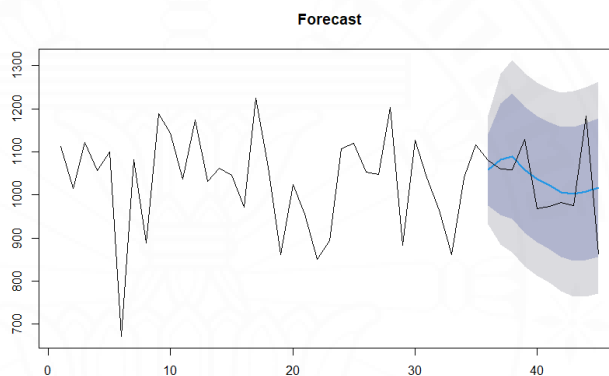
ภาพที่ ง.287 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.33,3)



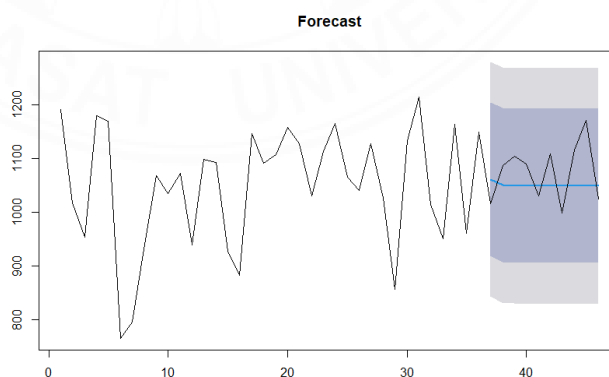
ภาพที่ ง.288 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.49,4)



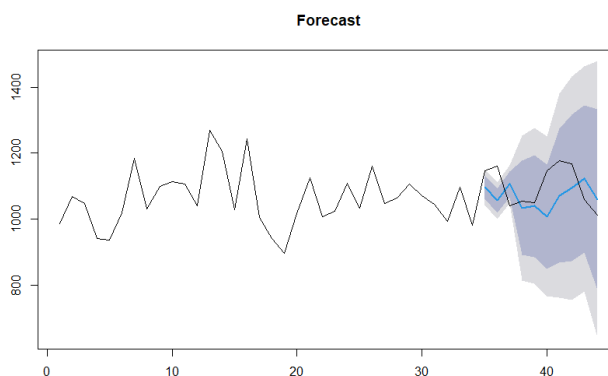
ภาพที่ ง.289 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (6,0.40,5)



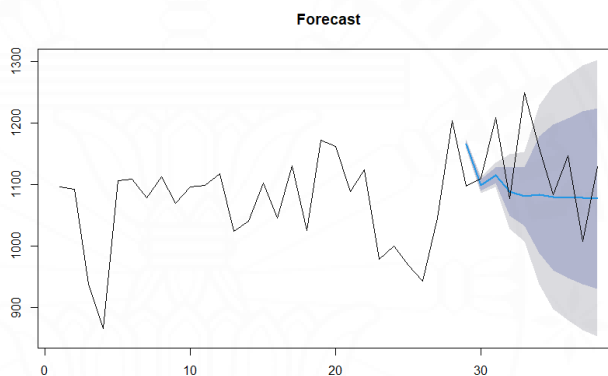
ภาพที่ ง.290 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (4,0.30,2)



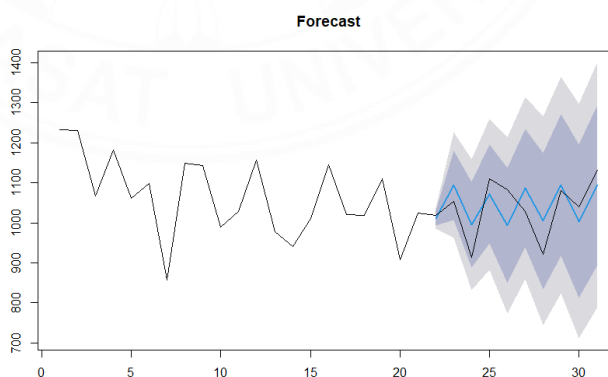
ภาพที่ ง.291 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (1,0.000045,0)



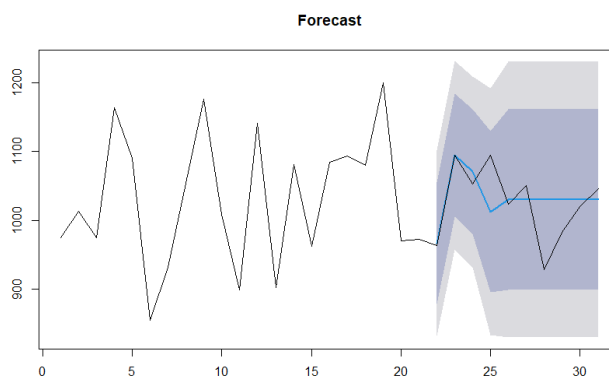
ภาพที่ ง.292 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (4,0.30,3)



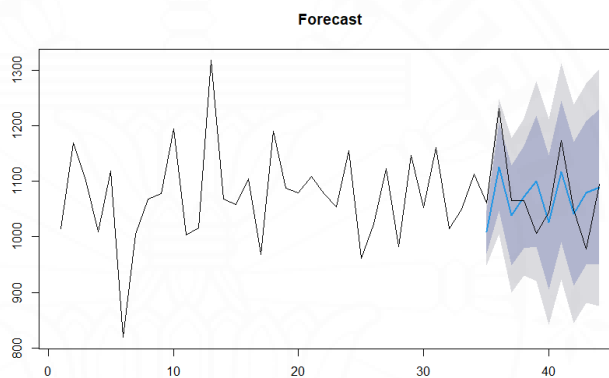
ภาพที่ ง.293 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (4,0.40,5)



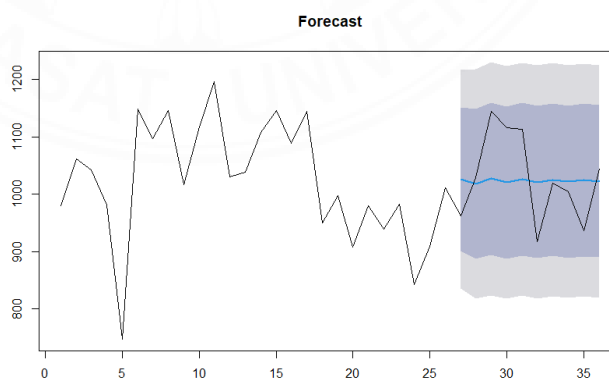
ภาพที่ ง.294 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา FARIMA (3,0.39,4)



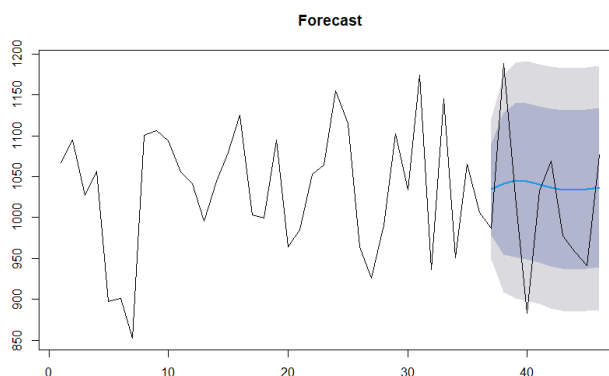
ภาพที่ ง.295 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.0006,4)



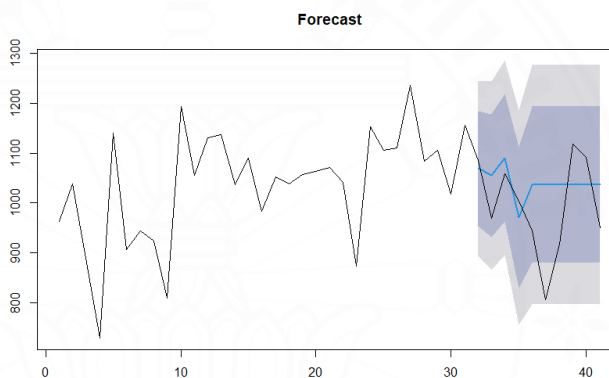
ภาพที่ ง.296 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.44,3)



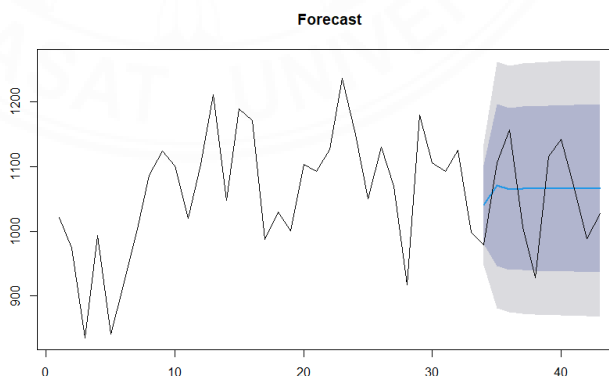
ภาพที่ ง.297 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.0000583,1)



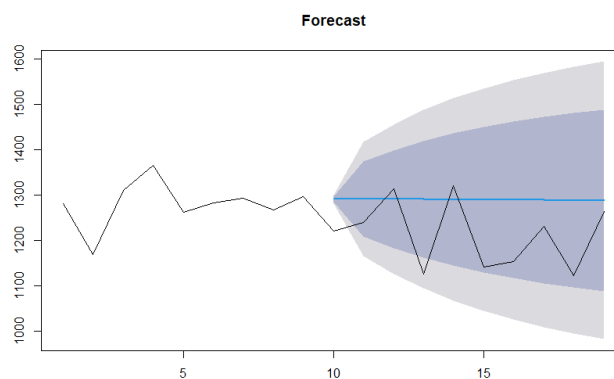
ภาพที่ ง.298 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.33,3)



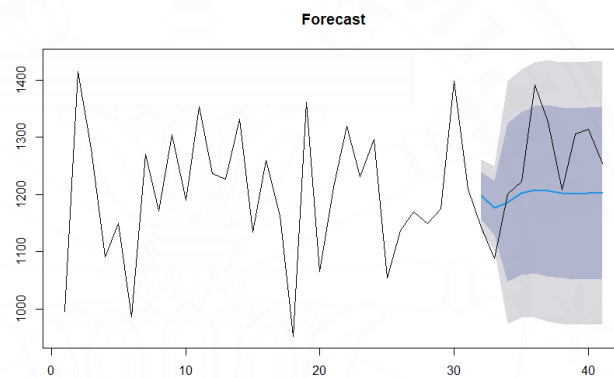
ภาพที่ ง.299 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.0000458,4)



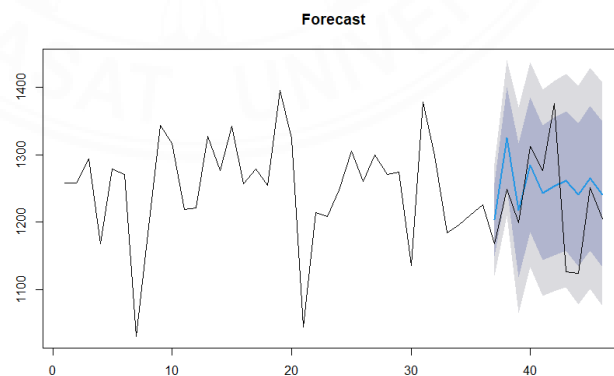
ภาพที่ ง.300 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.30,3)



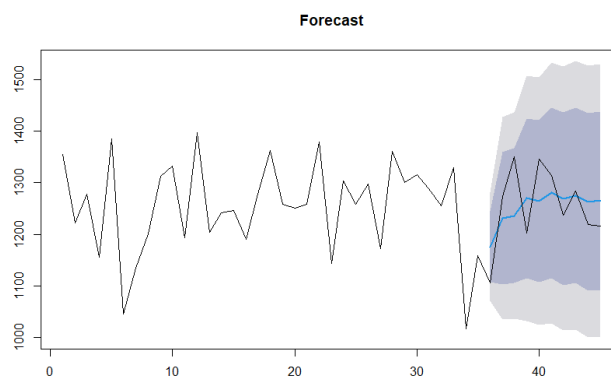
ภาพที่ ง.301 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.49,3)



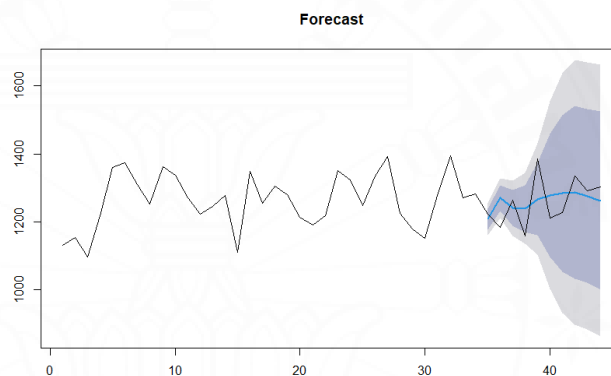
ภาพที่ ง.302 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.42,3)



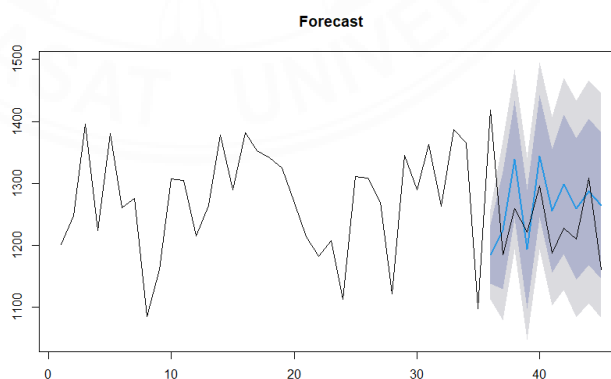
ภาพที่ ง.303 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.35,3)



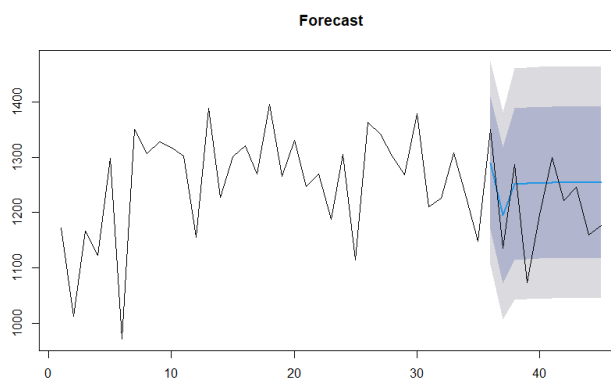
ภาพที่ ง.304 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.44,2)



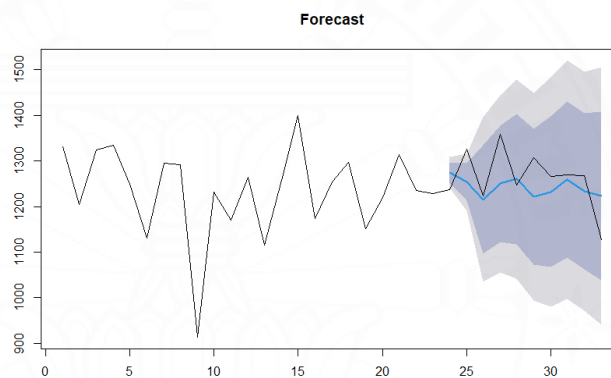
ภาพที่ ง.305 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.30,4)



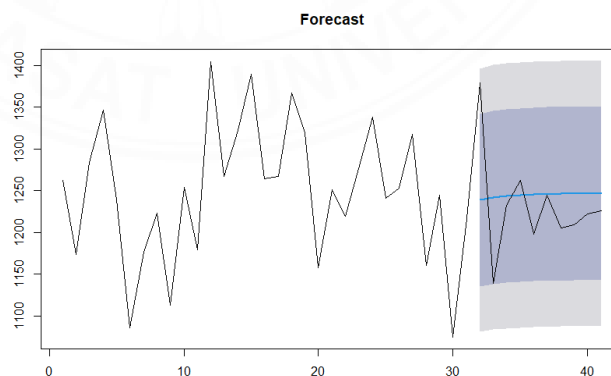
ภาพที่ ง.306 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.48,6)



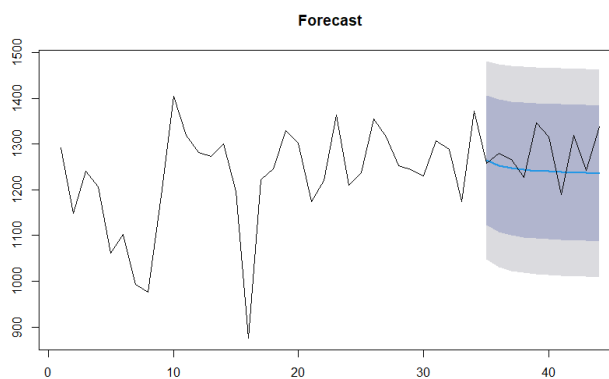
ภาพที่ ง.307 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.05,2)



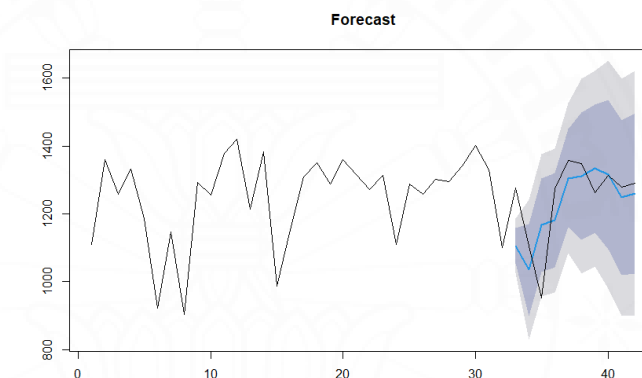
ภาพที่ ง.308 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.38,3)



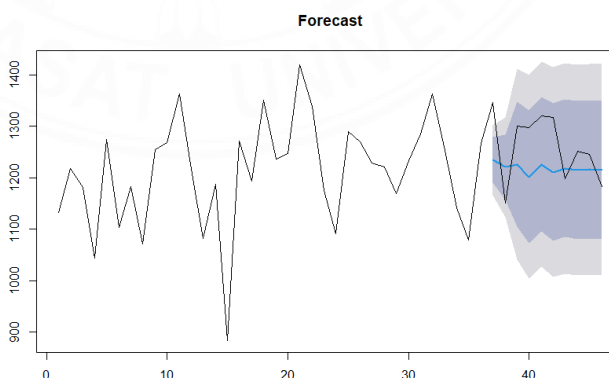
ภาพที่ ง.309 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.09,0)



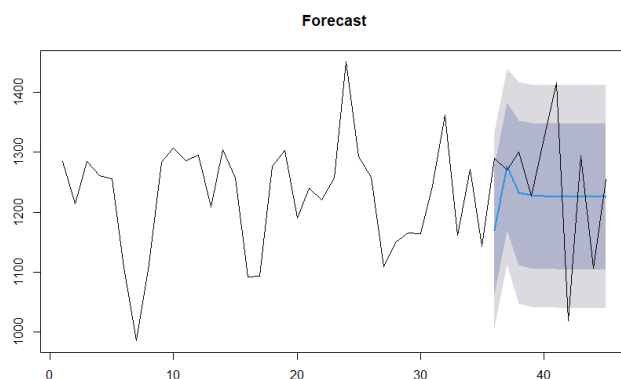
ภาพที่ ง.310 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.22,0)



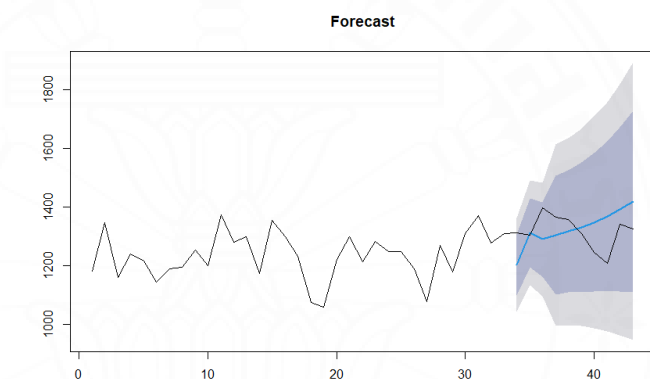
ภาพที่ ง.311 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.40,3)



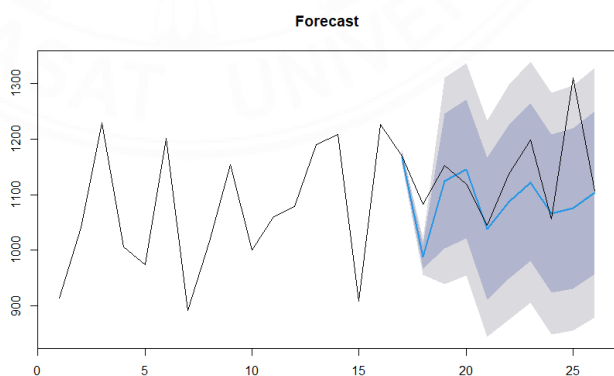
ภาพที่ ง.312 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.30,4)



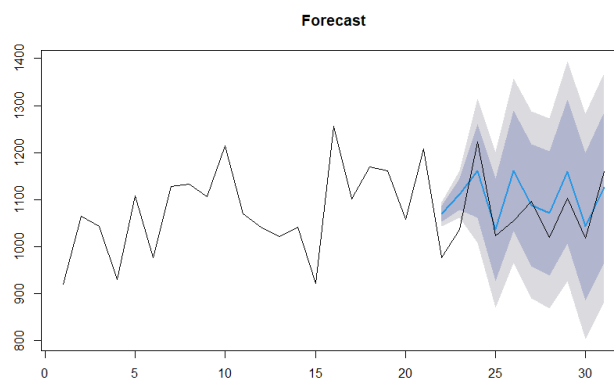
ภาพที่ ง.313 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.31,2)



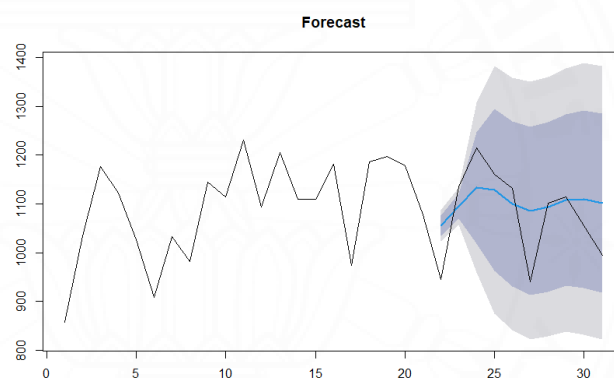
ภาพที่ ง.314 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.41,5)



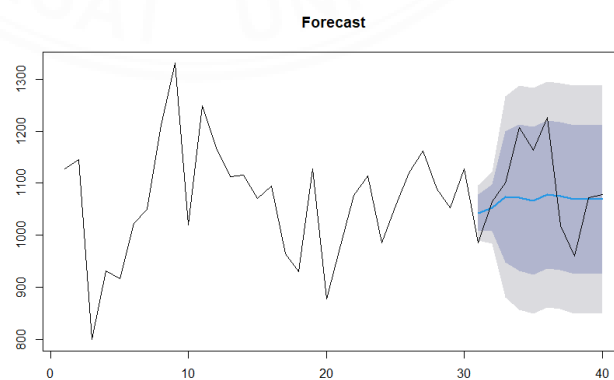
ภาพที่ ง.315 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.49,2)



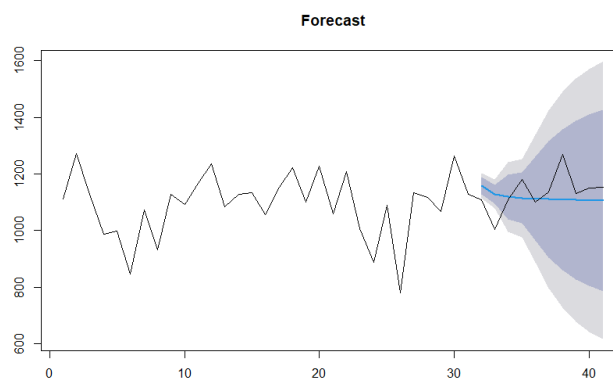
ภาพที่ ง.316 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.49,2)



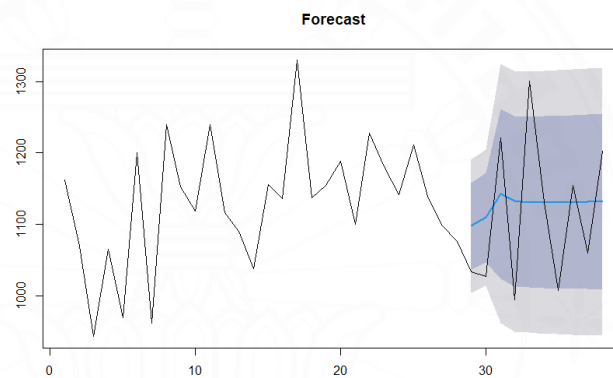
ภาพที่ ง.317 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.35,2)



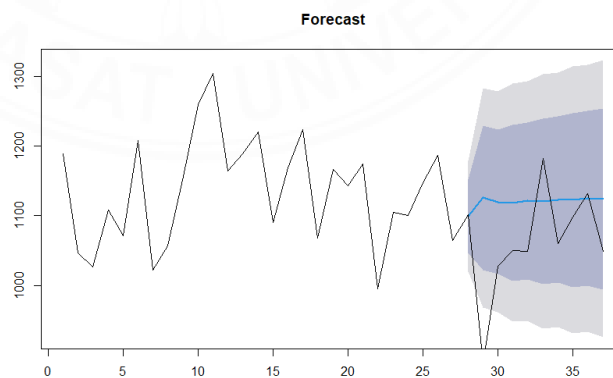
ภาพที่ ง.318 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.34,2)



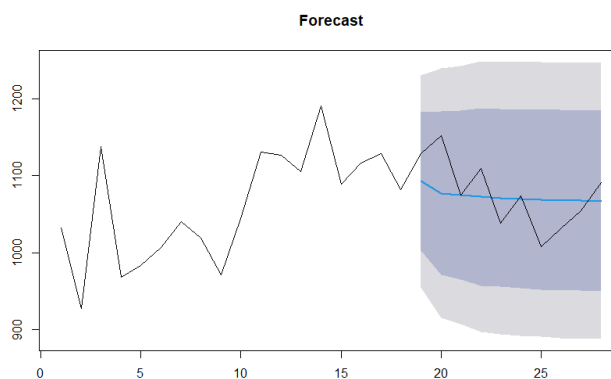
ภาพที่ ง.319 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.49,3)



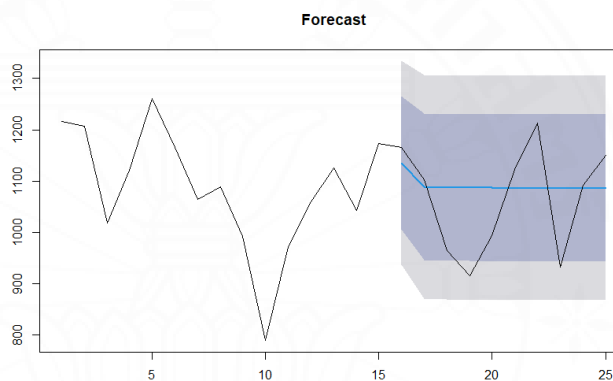
ภาพที่ ง.320 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.47,3)



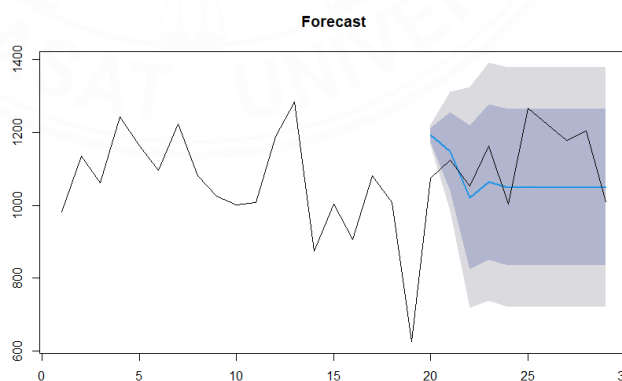
ภาพที่ ง.321 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.30,4)



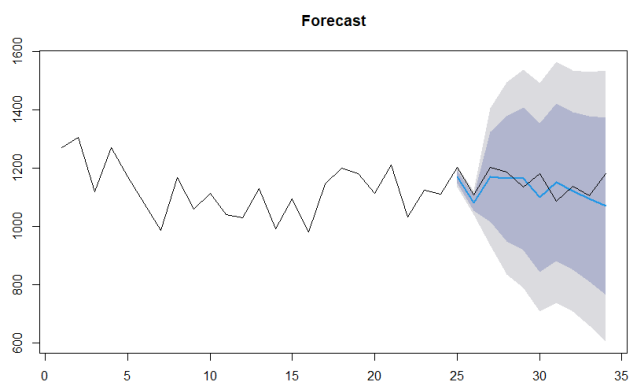
ภาพที่ ง.322 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.22,3)



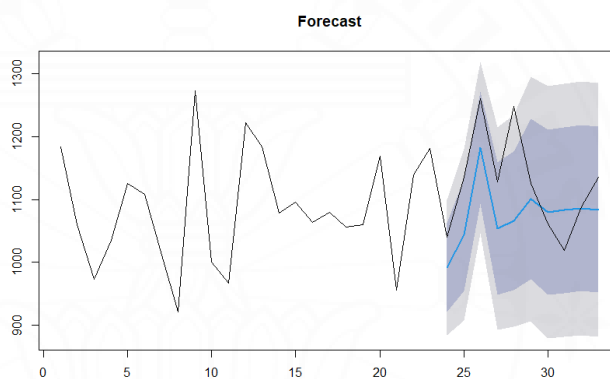
ภาพที่ ง.323 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.05,1)



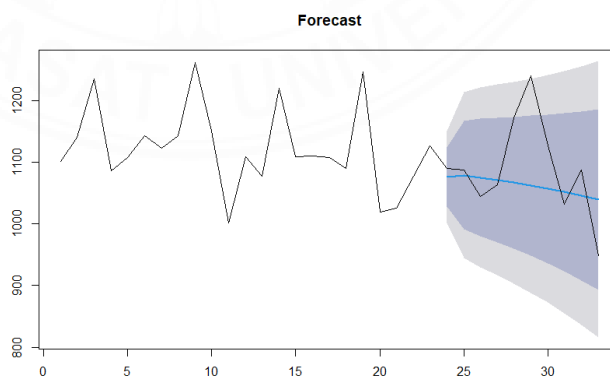
ภาพที่ ง.324 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.38,4)



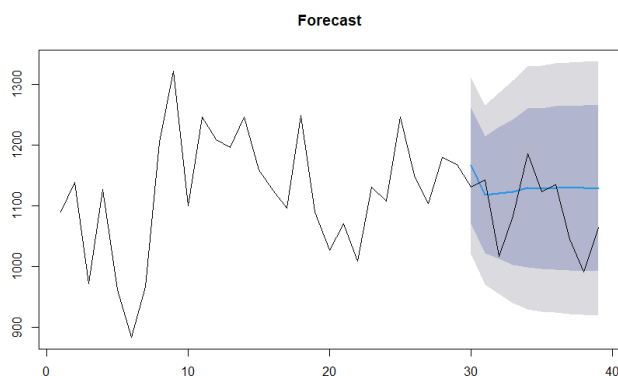
ภาพที่ ง.325 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.38,2)



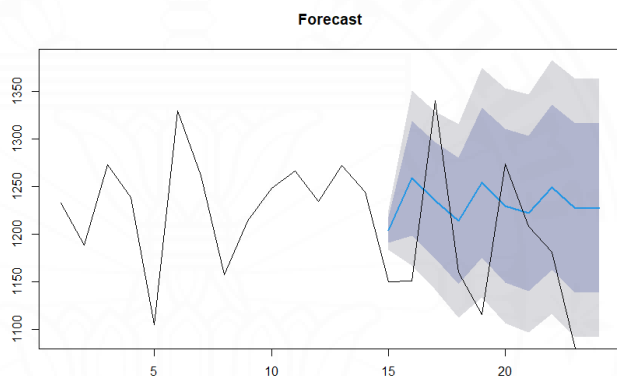
ภาพที่ ง.326 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.17,5)



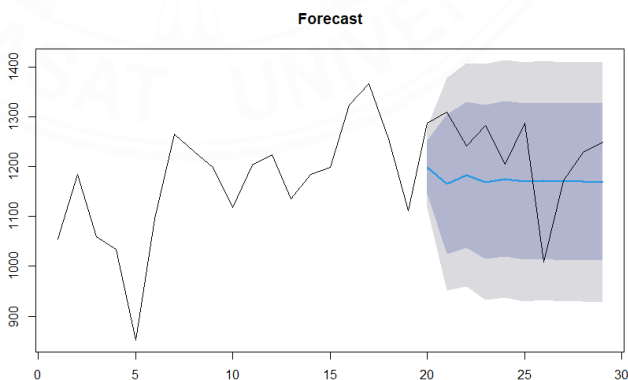
ภาพที่ ง.327 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.40,2)



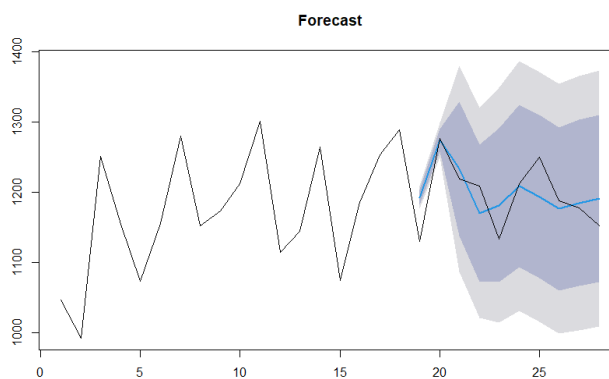
ภาพที่ ง.328 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.46,4)



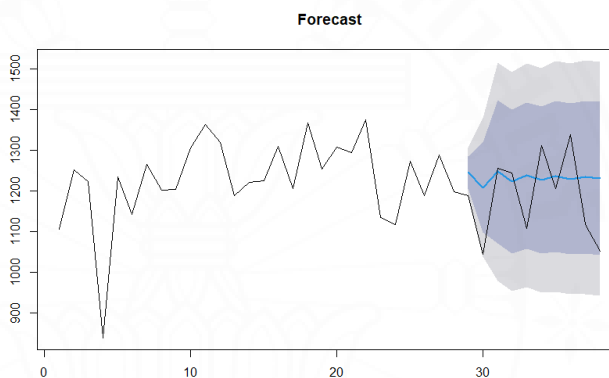
ภาพที่ ง.329 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.19,2)



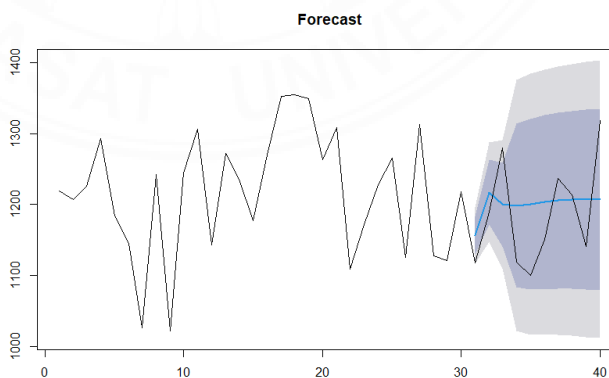
ภาพที่ ง.330 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.19,1)



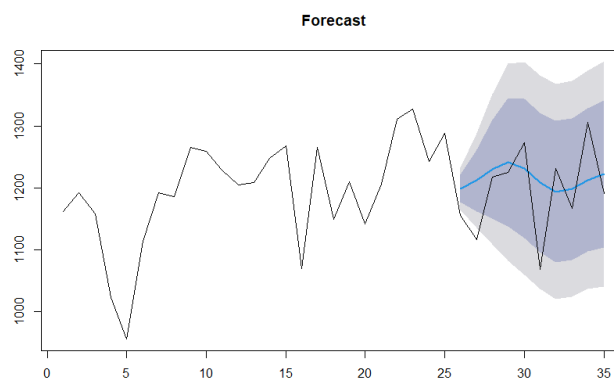
ภาพที่ ง.331 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.27,4)



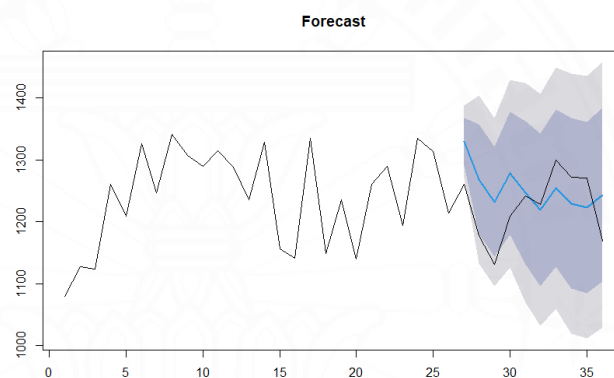
ภาพที่ ง.332 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.41,4)



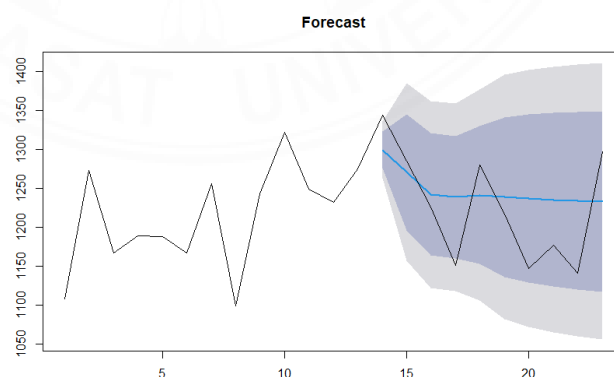
ภาพที่ ง.333 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.48,5)



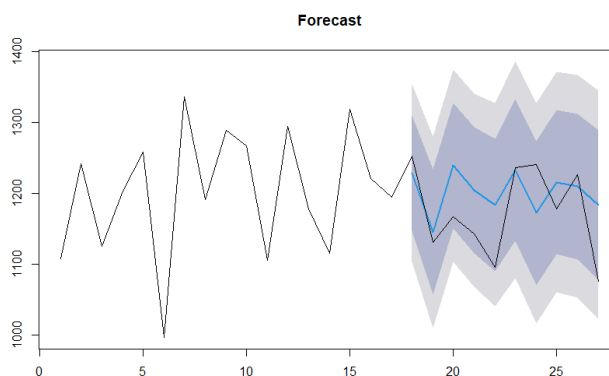
ภาพที่ ง.334 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.31,4)



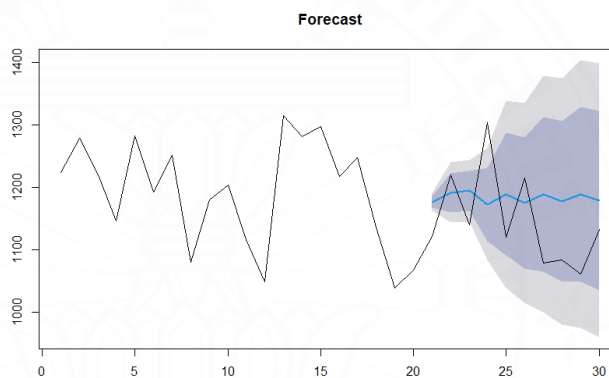
ภาพที่ ง.335 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.33,1)



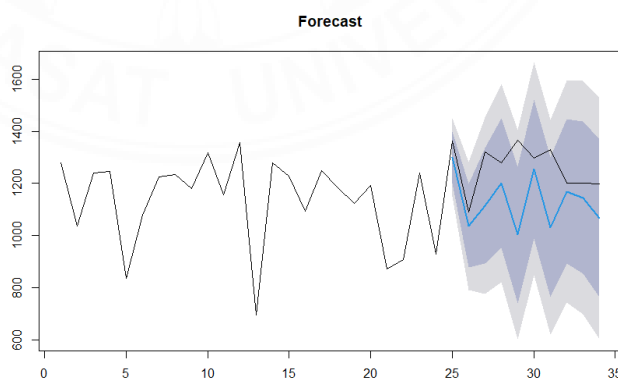
ภาพที่ ง.336 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.49,5)



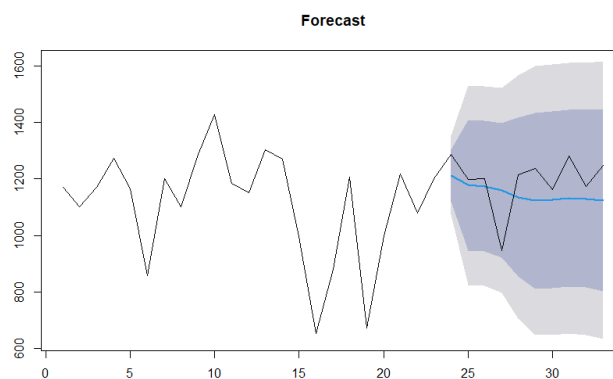
ภาพที่ ง.337 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.0000458,0)



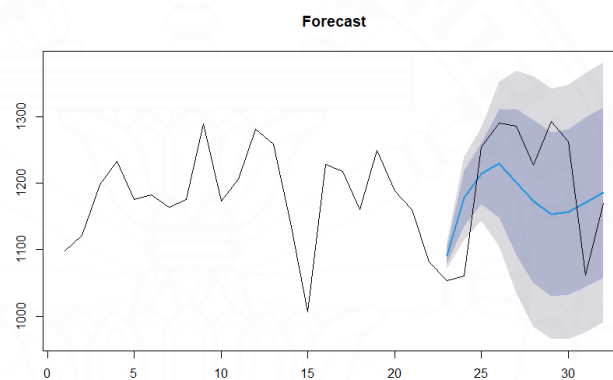
ภาพที่ ง.338 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.38,4)



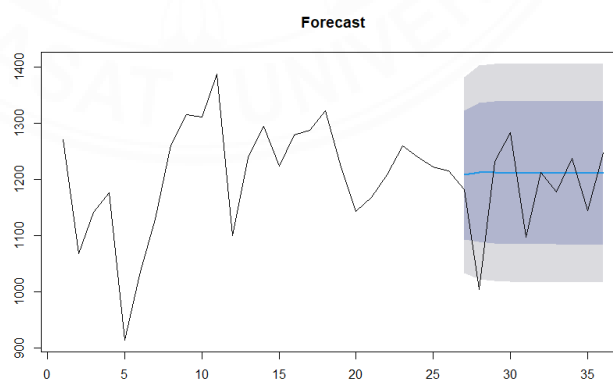
ภาพที่ ง.339 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.19,1)



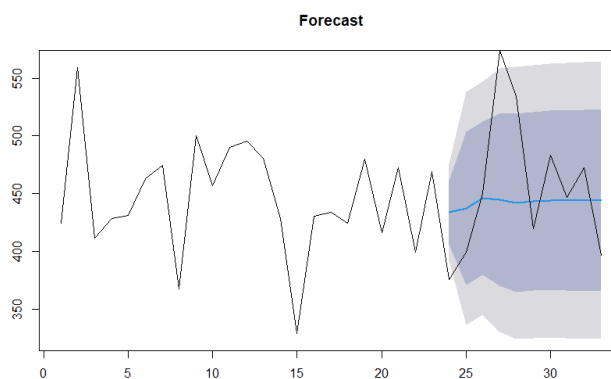
ภาพที่ ง.340 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.41,3)



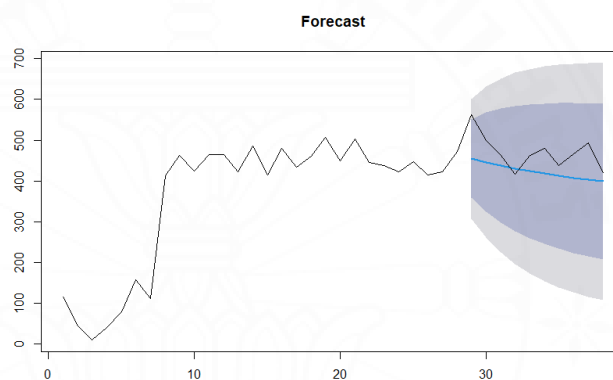
ภาพที่ ง.341 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.31,3)



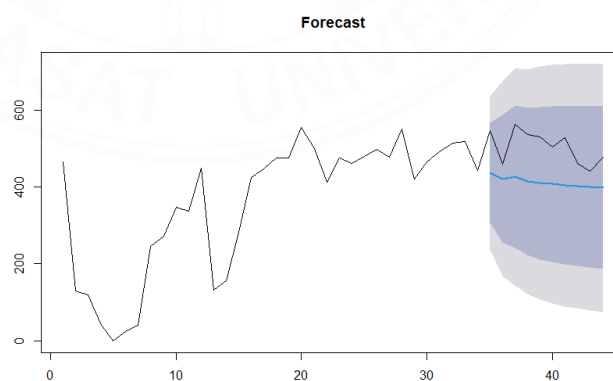
ภาพที่ ง.342 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.15,5)



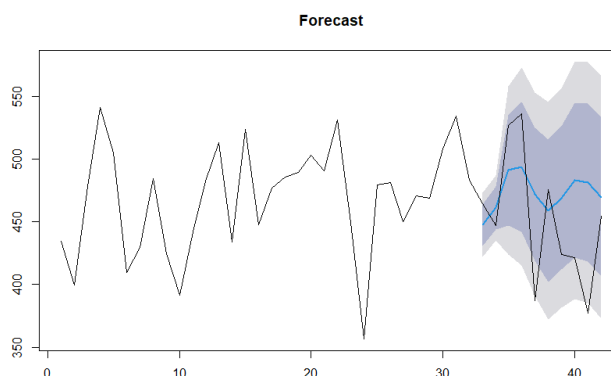
ภาพที่ ง.343 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.38,3)



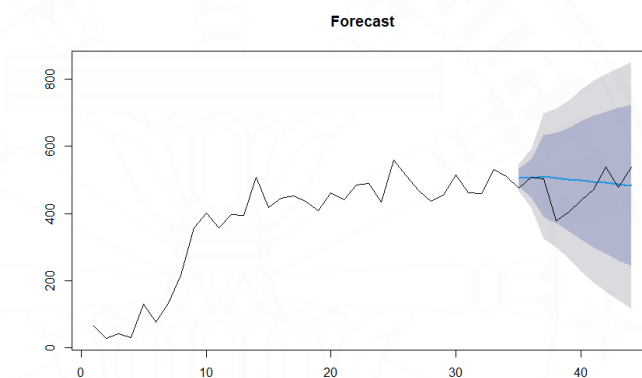
ภาพที่ ง.344 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.19,1)



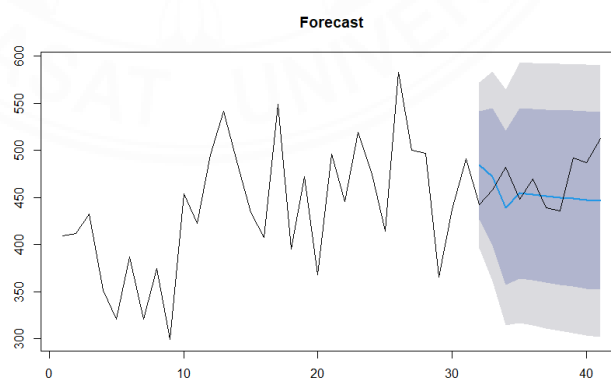
ภาพที่ ง.345 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.36,5)



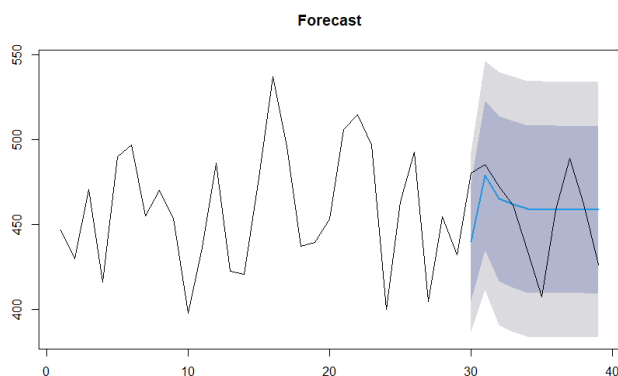
ภาพที่ ง.346 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.42,3)



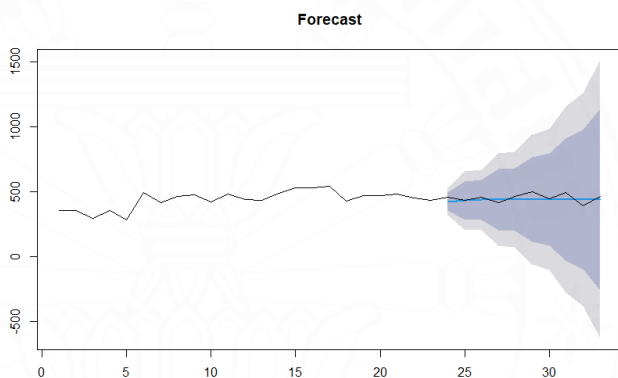
ภาพที่ ง.347 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.40,5)



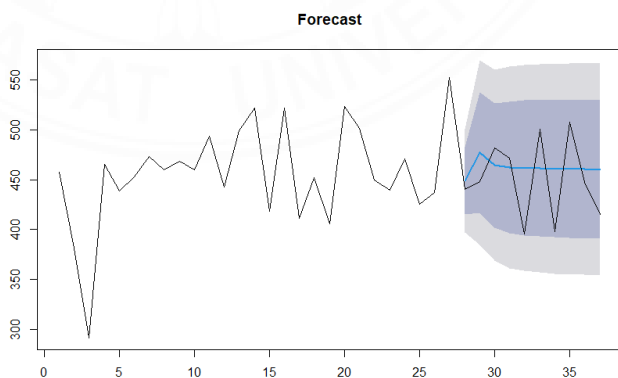
ภาพที่ ง.348 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบตัววัดที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.17,4)



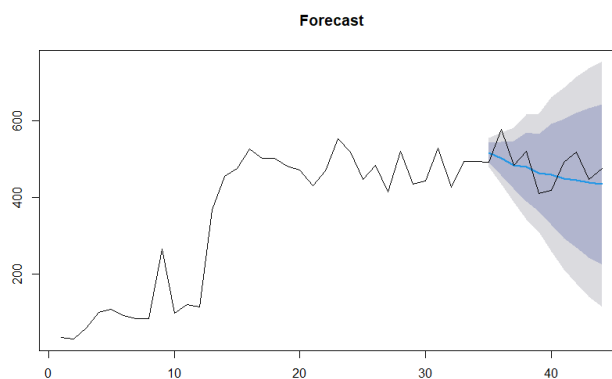
ภาพที่ ง.349 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.114,3)



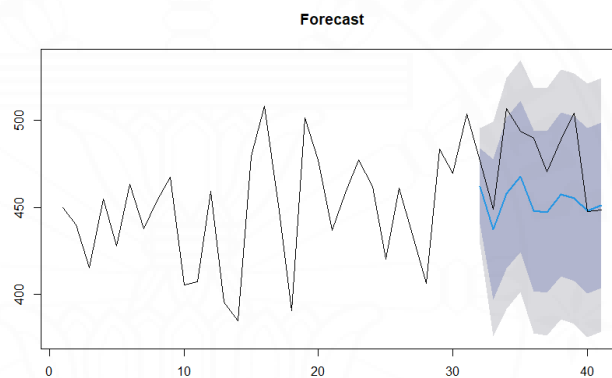
ภาพที่ ง.350 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.30,4)



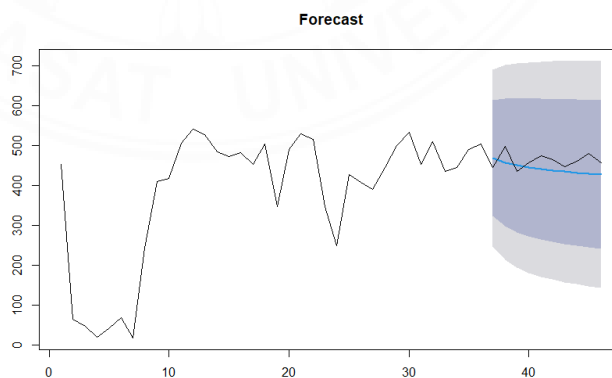
ภาพที่ ง.351 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.30,4)



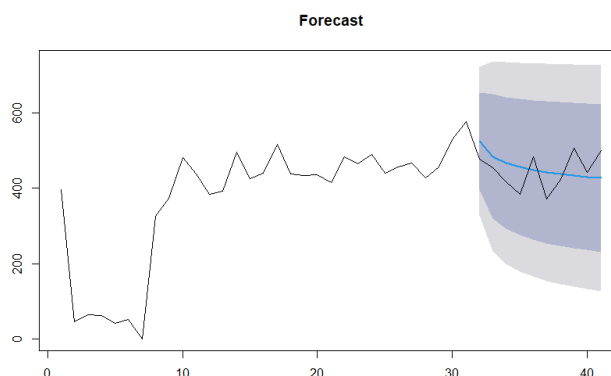
ภาพที่ ง.352 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.49,5)



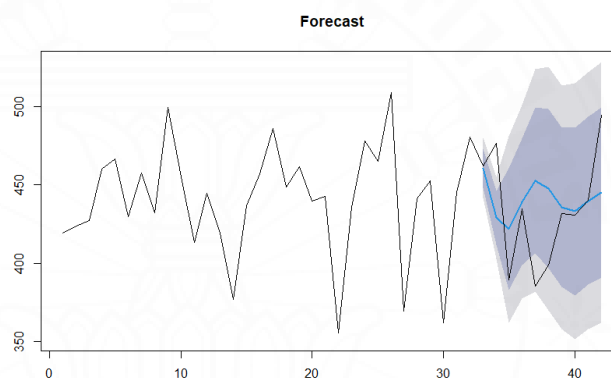
ภาพที่ ง.353 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.33,2)



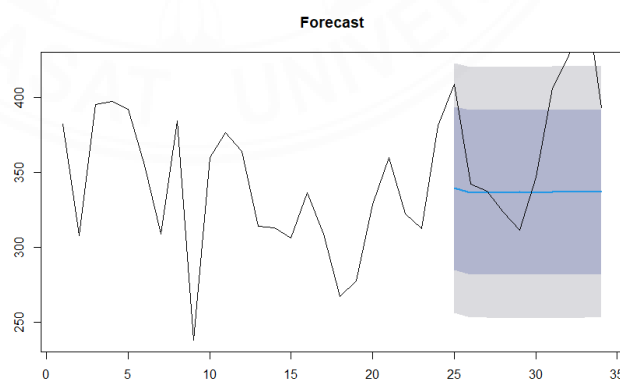
ภาพที่ ง.354 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.46,0)



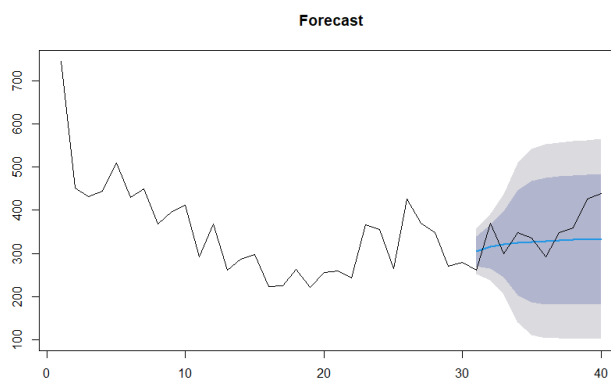
ภาพที่ ง.355 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.42,1)



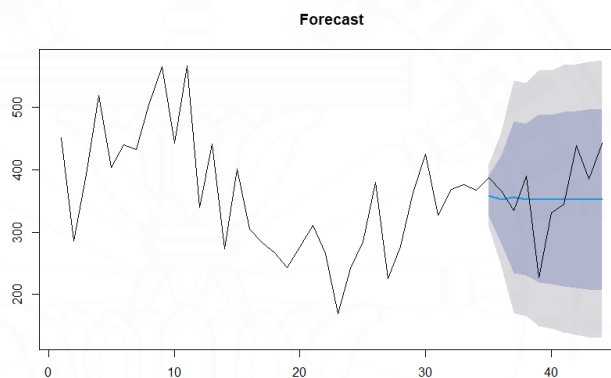
ภาพที่ ง.356 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.49,4)



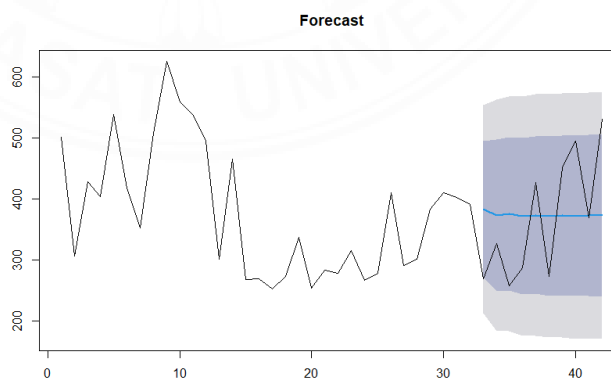
ภาพที่ ง.357 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.08,1)



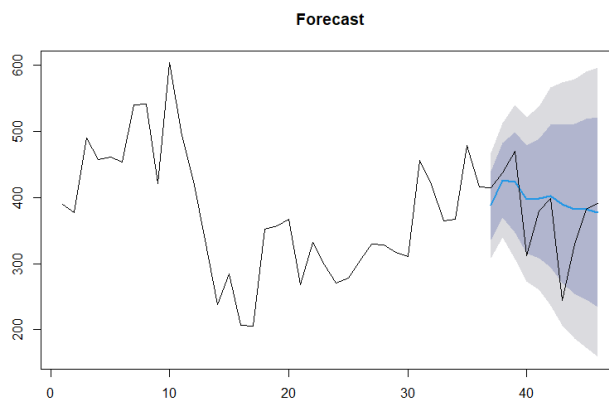
ภาพที่ ง.358 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.38,3)



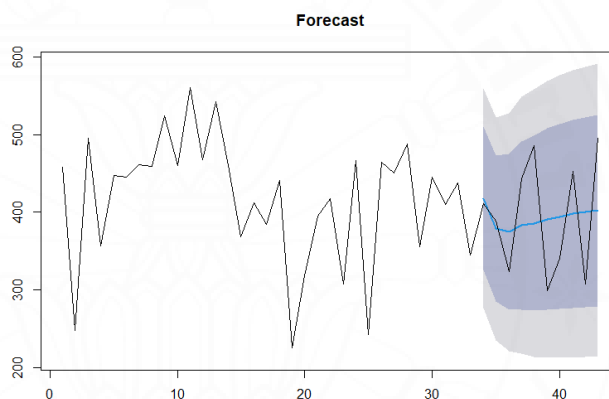
ภาพที่ ง.359 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.49,4)



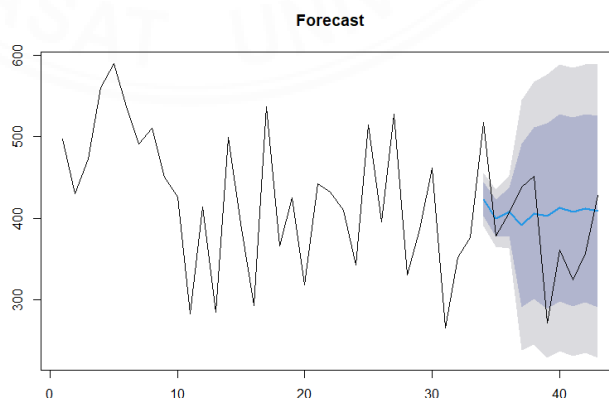
ภาพที่ ง.360 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.33,1)



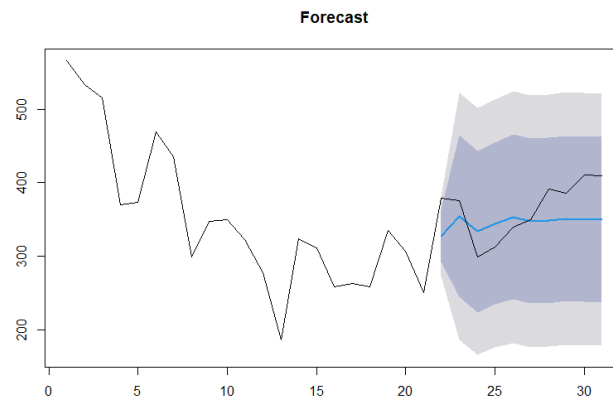
ภาพที่ ง.361 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.007,1)



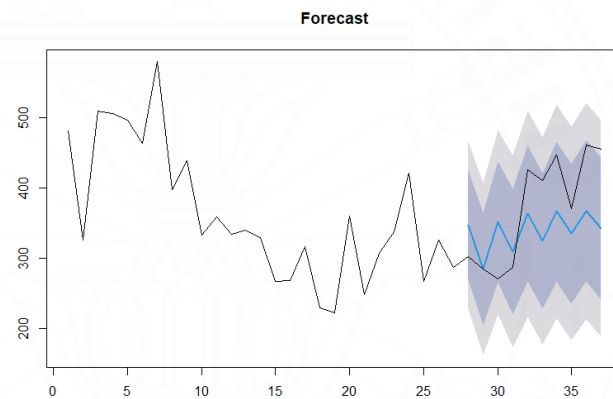
ภาพที่ ง.362 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.19,3)



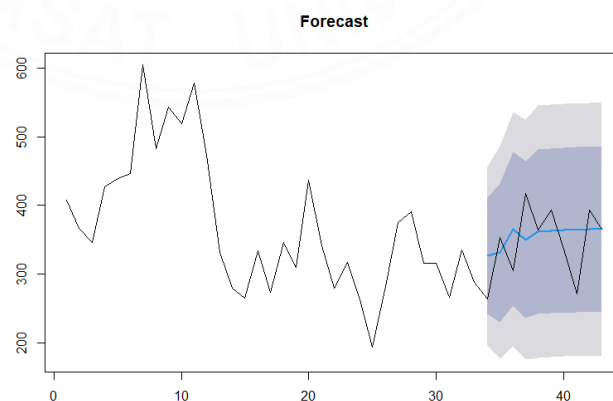
ภาพที่ ง.363 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.38,4)



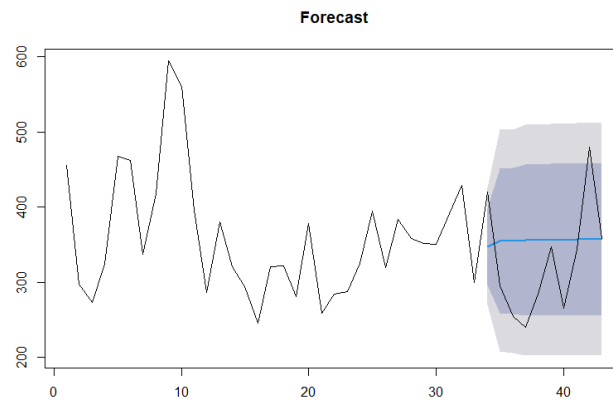
ภาพที่ ง.364 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.00000458,1)



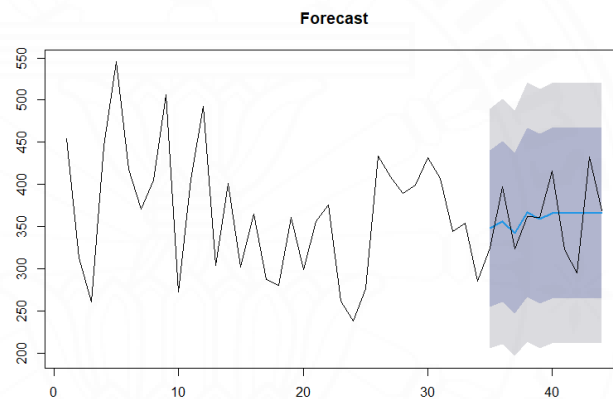
ภาพที่ ง.365 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.00000458,5)



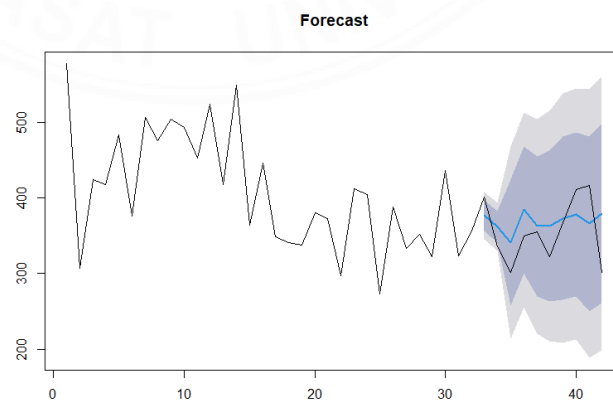
ภาพที่ ง.366 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.05,5)



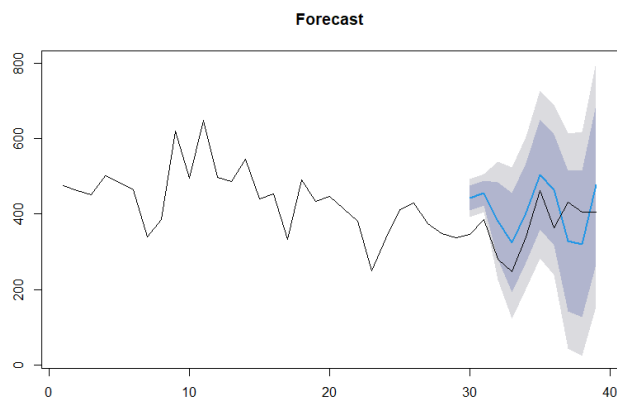
ภาพที่ ง.367 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.22,1)



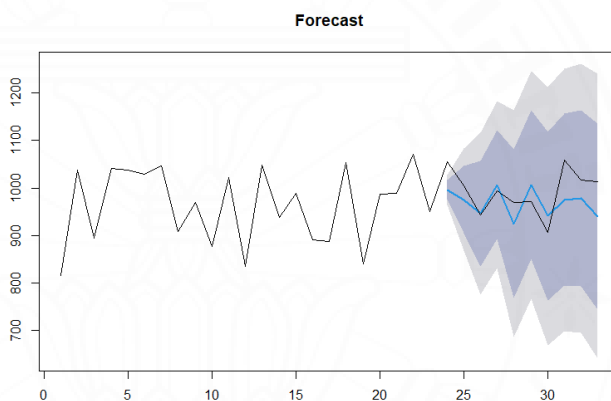
ภาพที่ ง.368 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.008,5)



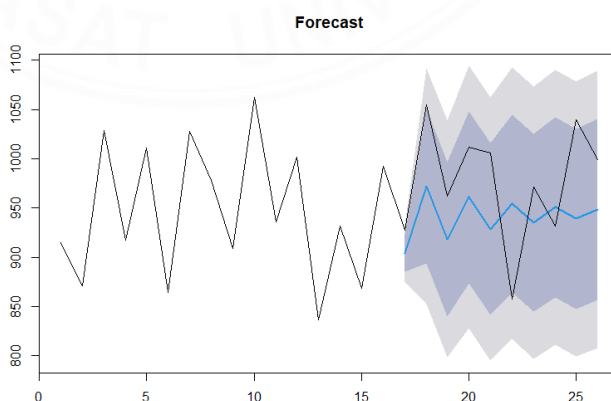
ภาพที่ ง.369 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.49,2)



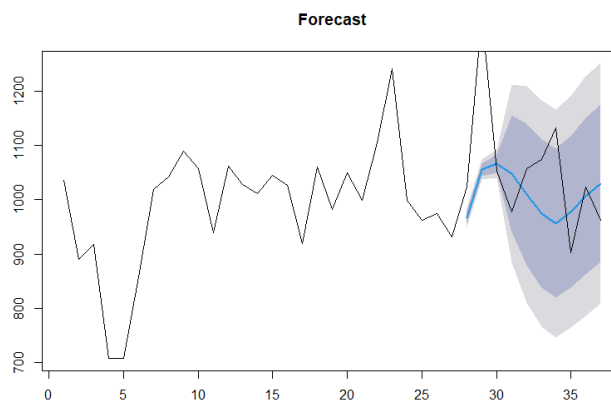
ภาพที่ ง.370 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.42,2)



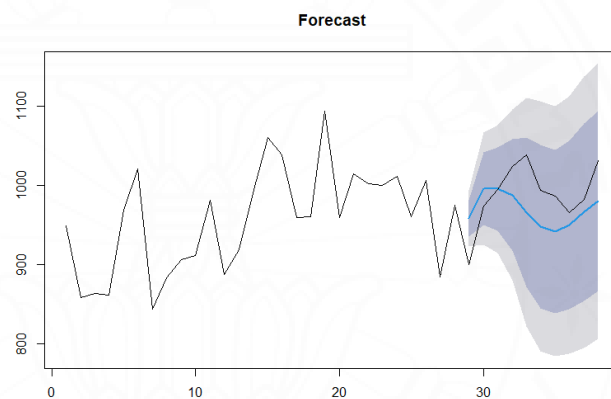
ภาพที่ ง.371 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.49,2)



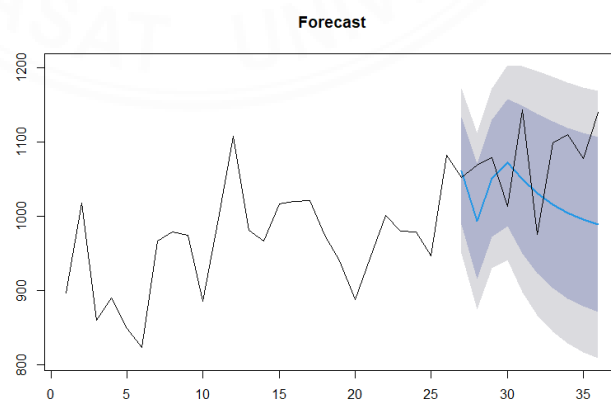
ภาพที่ ง.372 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.32,2)



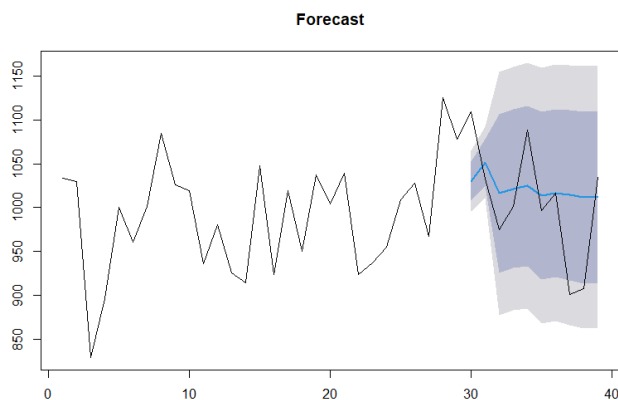
ภาพที่ ง.373 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.44,4)



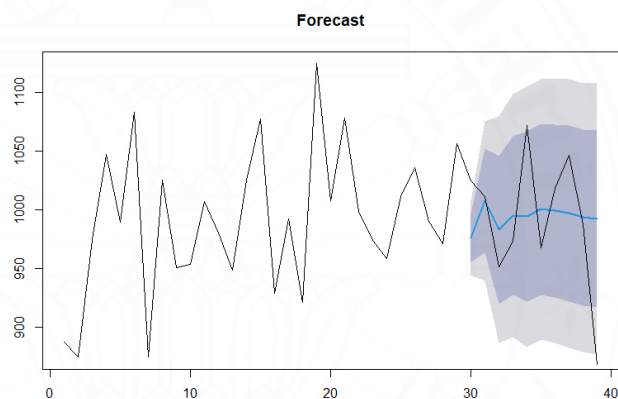
ภาพที่ ง.374 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.38,2)



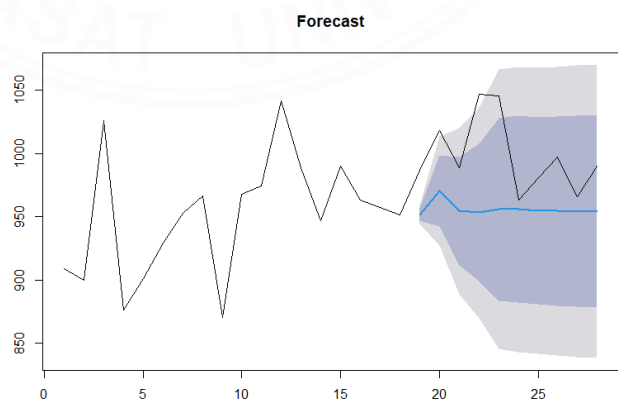
ภาพที่ ง.375 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.07,4)



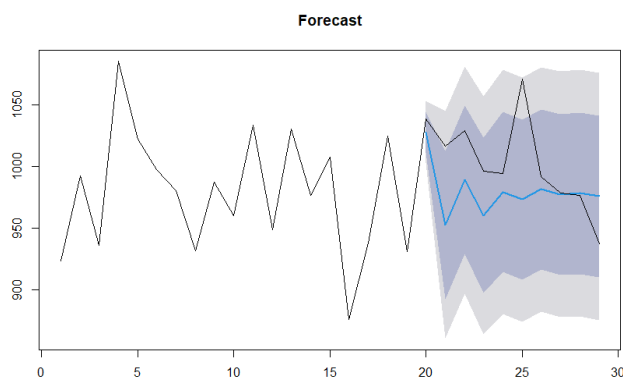
ภาพที่ ง.376 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (4,0.49,2)



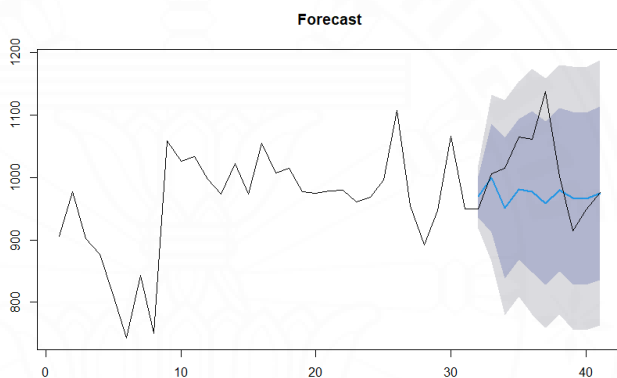
ภาพที่ ง.377 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.33,3)



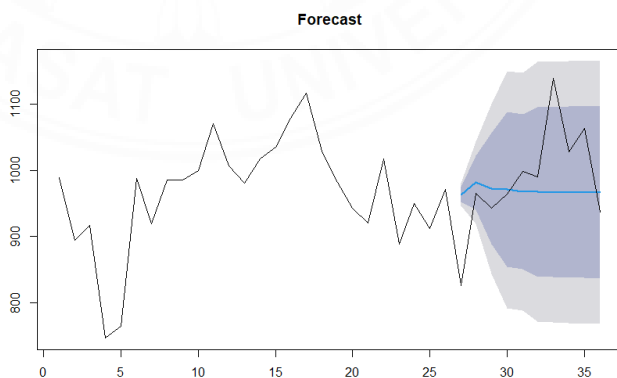
ภาพที่ ง.378 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.34,4)



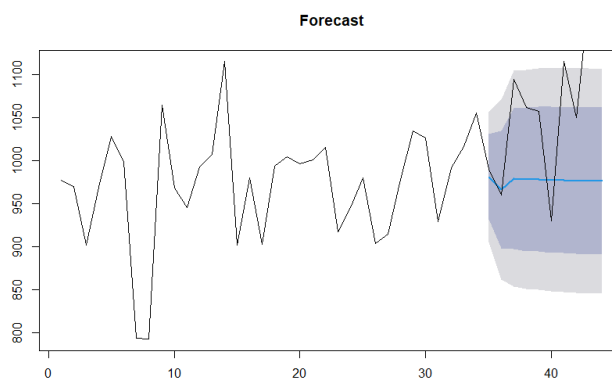
ภาพที่ ง.379 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (5,0.34,1)



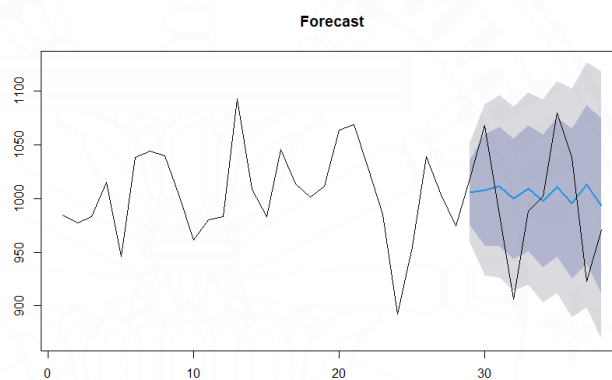
ภาพที่ ง.380 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (3,0.41,3)



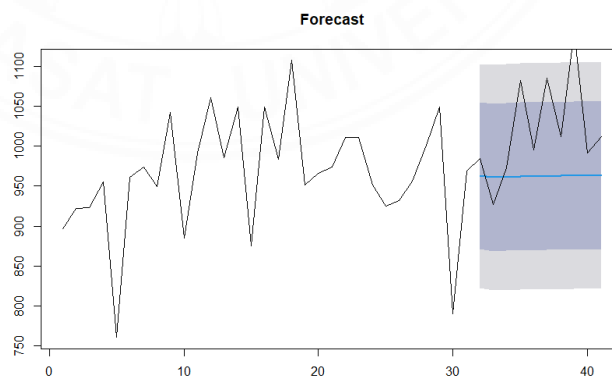
ภาพที่ ง.381 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (2,0.17,5)



ภาพที่ ง.382 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.33,3)

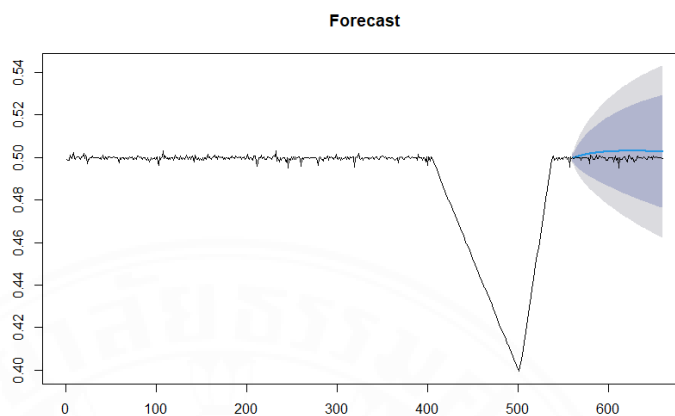


ภาพที่ ง.383 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (1,0.40,4)

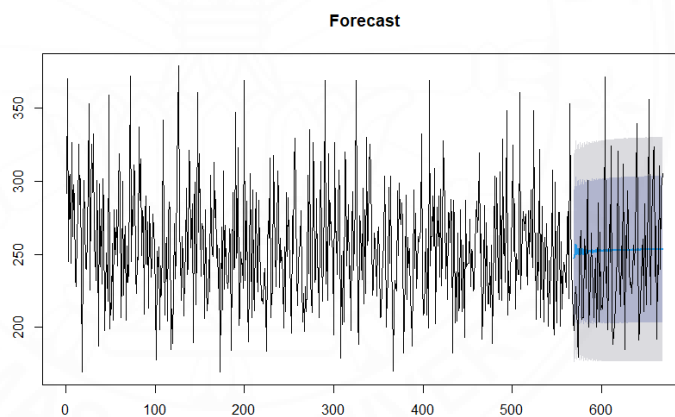


ภาพที่ ง.384 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา FARIMA (0,0.14,1)

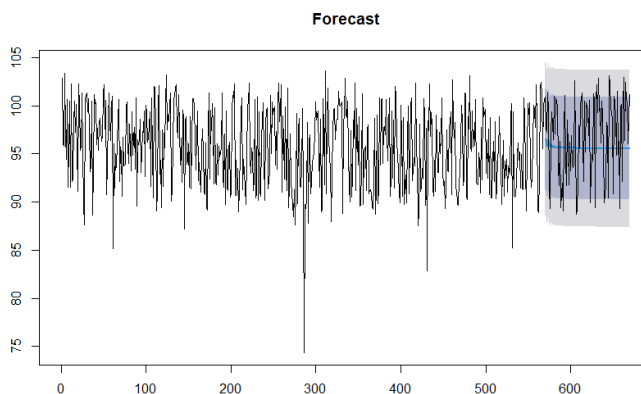
ง.4 ผลการพยากรณ์ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (ย้อนกลับ) (Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (Reverse) – FARIMA (Reverse))



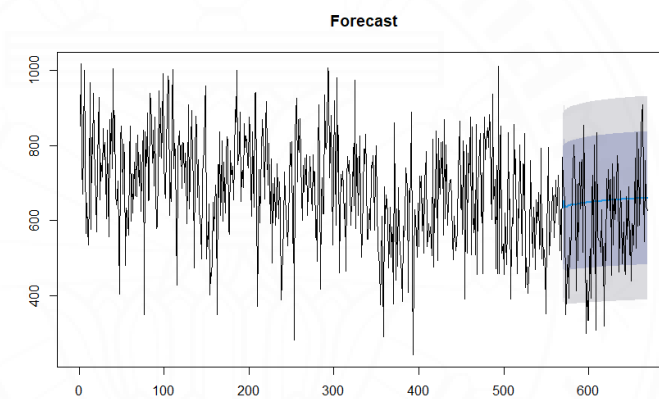
ภาพที่ ง.385 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.binp.nsk.su ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.16,0)



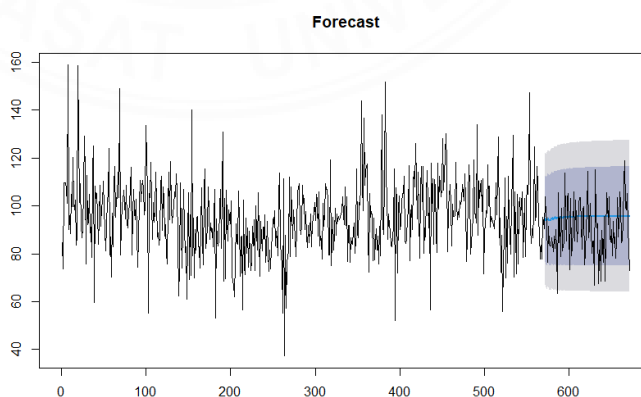
ภาพที่ ง.386 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.cesnet.cz ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟาริมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.42,5)



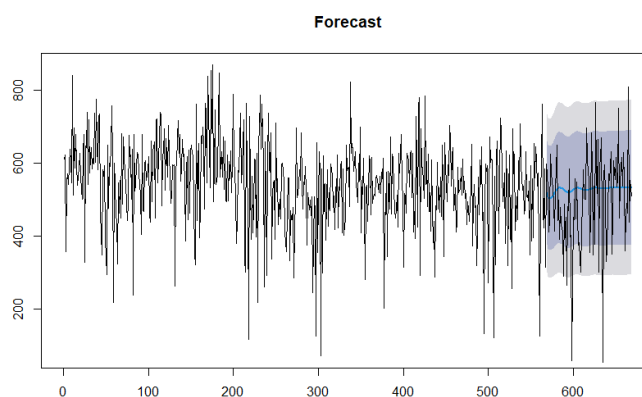
ภาพที่ ง.387 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.16,2)



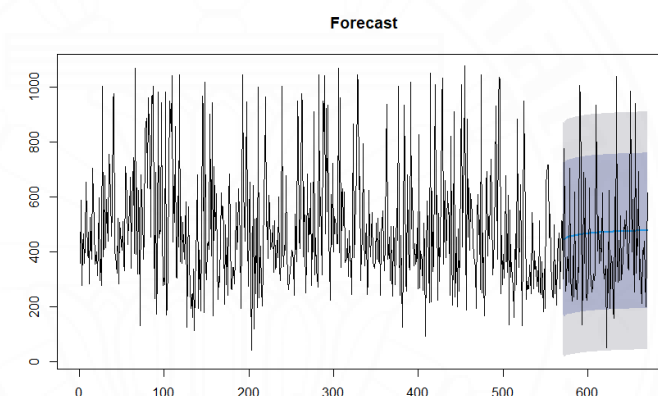
ภาพที่ ง.388 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.dl.ac.uk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.39,3)



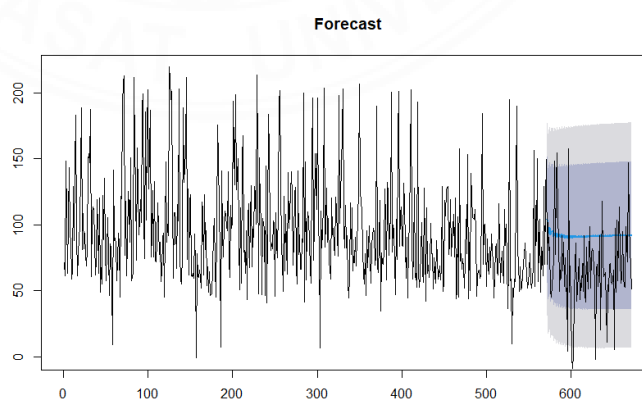
ภาพที่ ง.389 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.ece.rice.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.48,5)



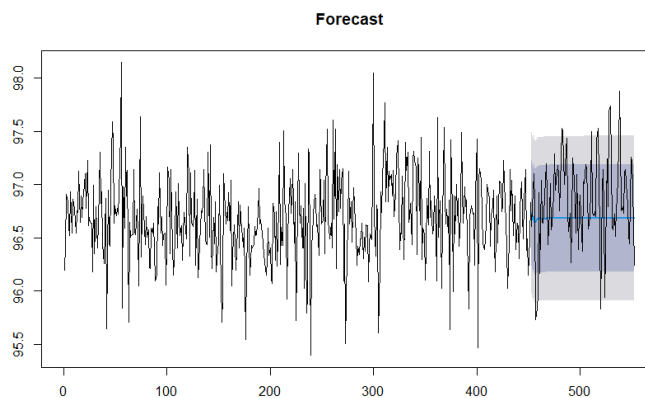
ภาพที่ ง.390 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.fnal.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.38,5)



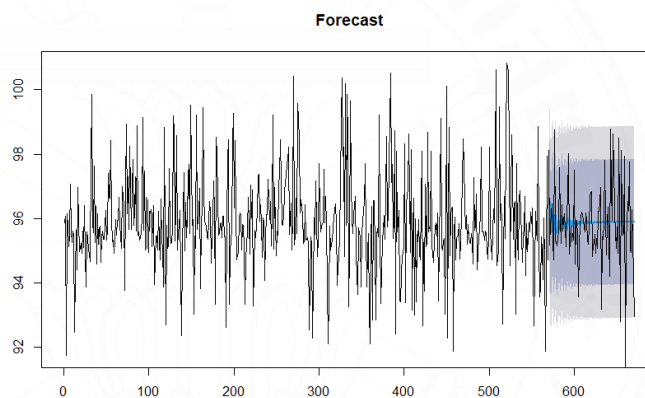
ภาพที่ ง.391 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.fzk.de ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.19,0)



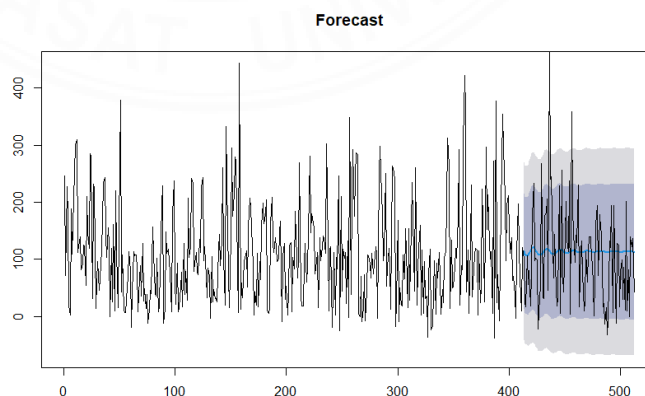
ภาพที่ ง.392 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.in2p3.fr ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.38,5)



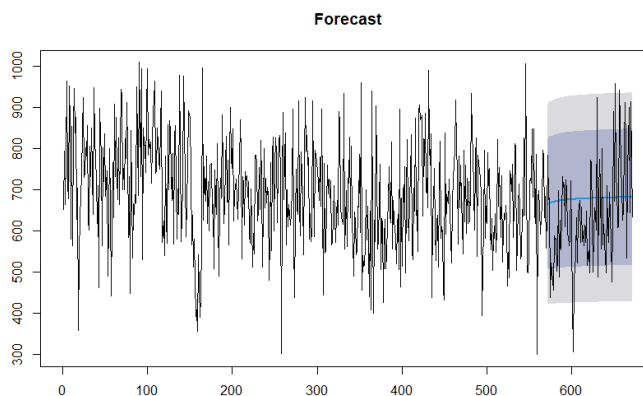
ภาพที่ ง.393 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.indiana.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.23,1)



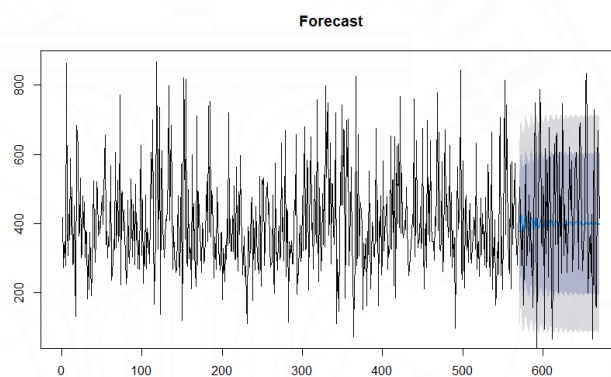
ภาพที่ ง.394 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.internet2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.16,5)



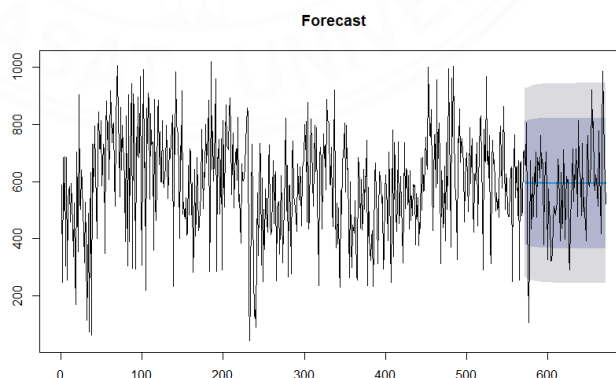
ภาพที่ ง.395 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.kek.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.46,5)



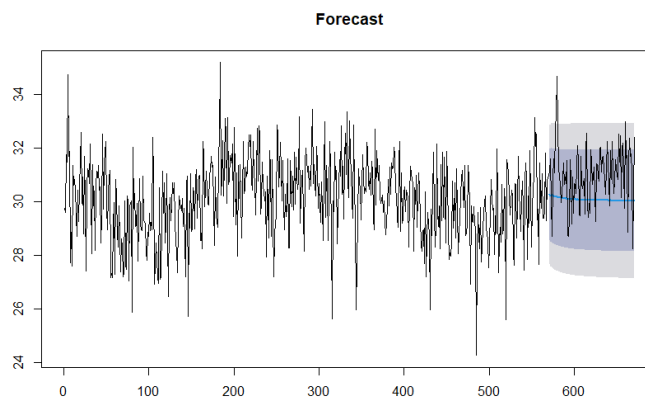
ภาพที่ ง.396 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.lbl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.30,5)



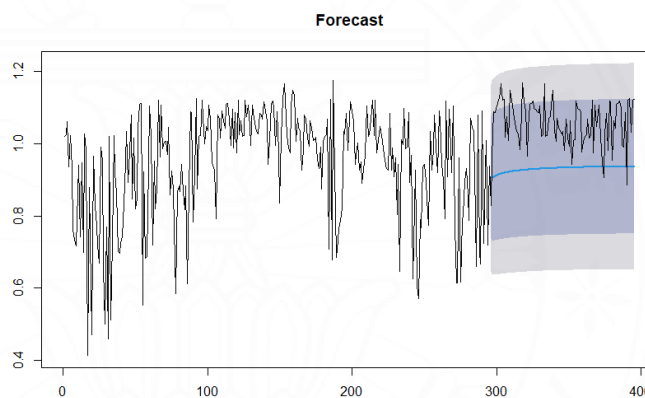
ภาพที่ ง.397 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.lsa.umich.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.41,3)



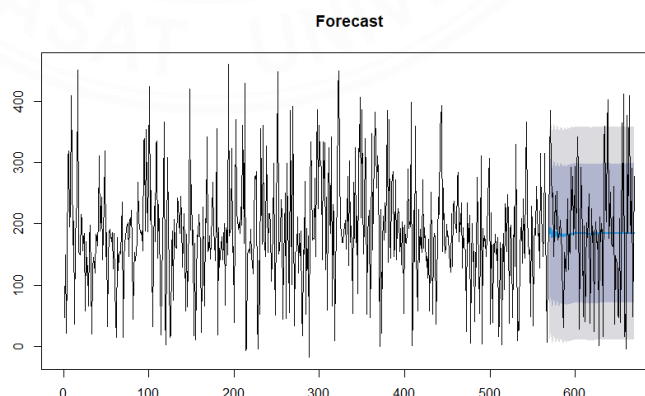
ภาพที่ ง.398 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.mcs.anl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.000055,3)



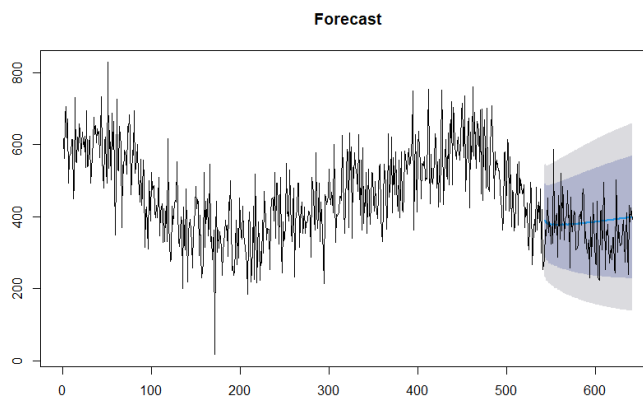
ภาพที่ ง.399 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.mib.infn.it ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.41,4)



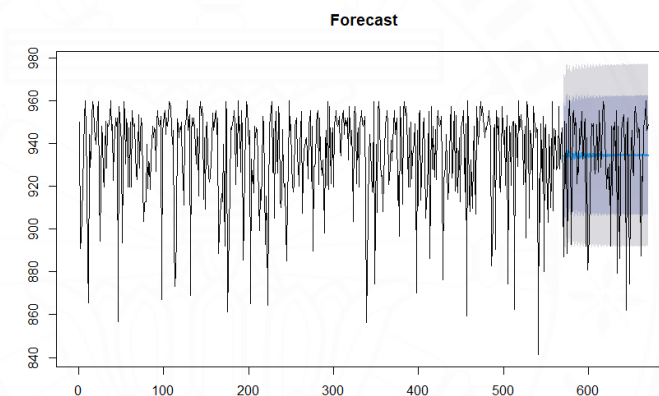
ภาพที่ ง.400 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.niit.pk ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.27,0)



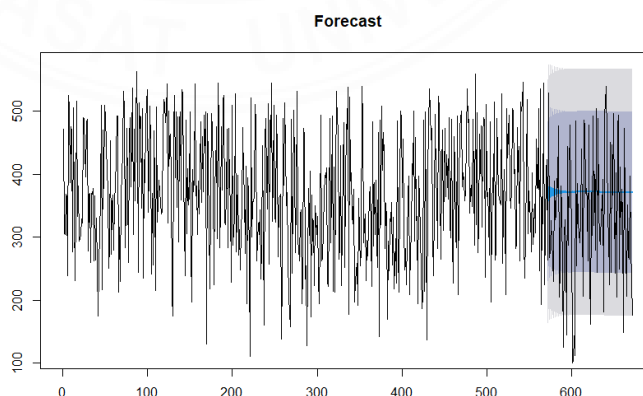
ภาพที่ ง.401 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.nikhef.nl ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.07,4)



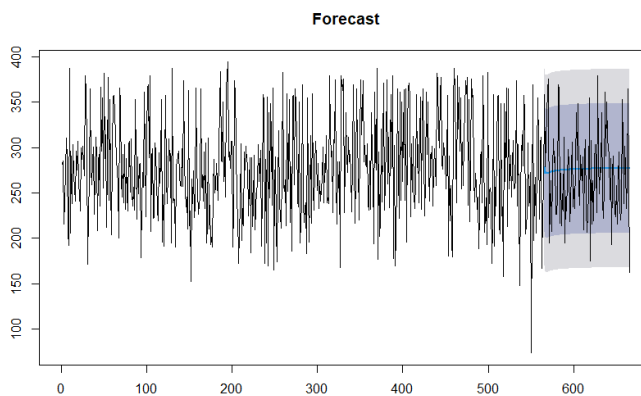
ภาพที่ ง.402 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.49,4)



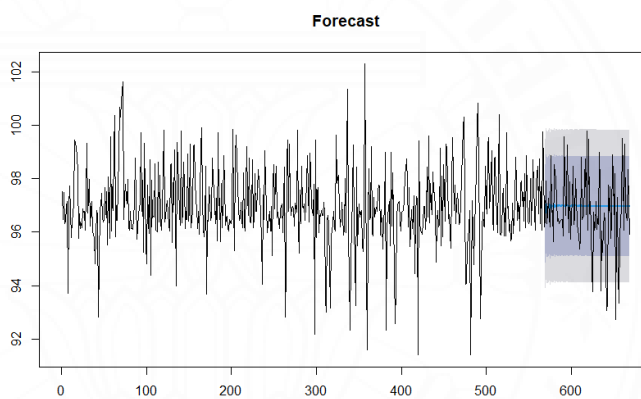
ภาพที่ ง.403 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.riken.go.jp ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.26,5)



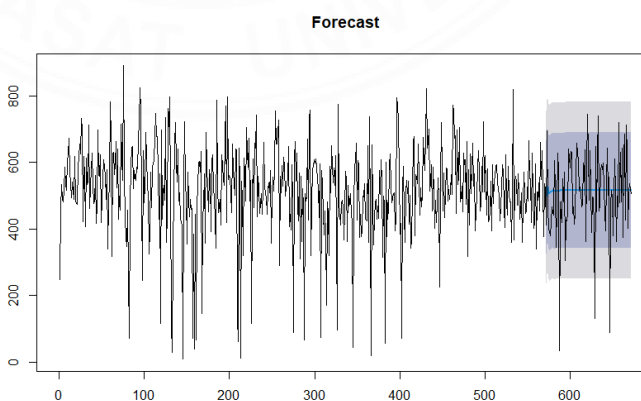
ภาพที่ ง.404 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.20,4)



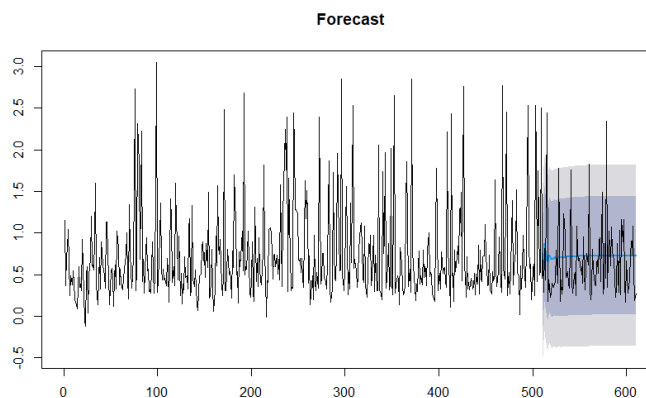
ภาพที่ ง.405 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.sox.i2.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.18,3)



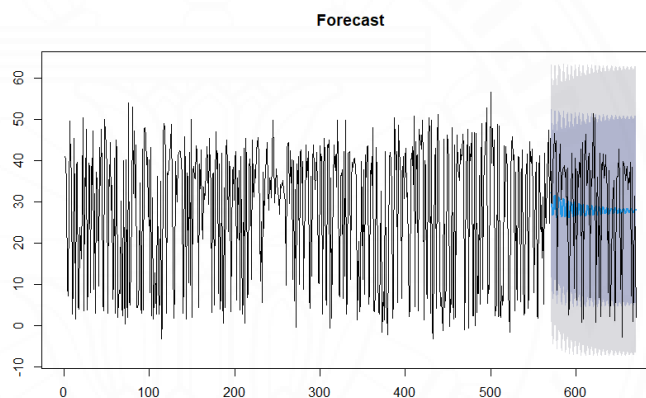
ภาพที่ ง.406 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.stanford.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.08,4)



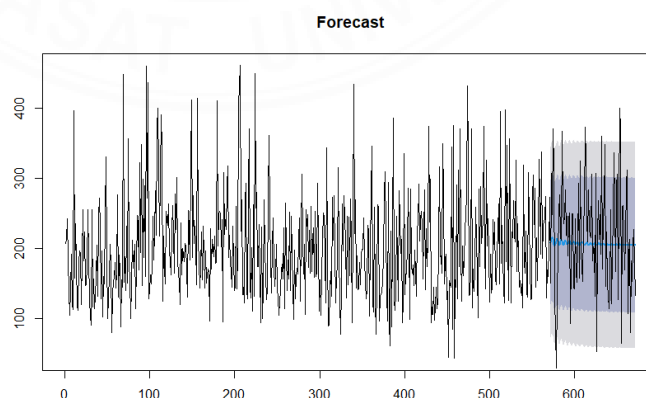
ภาพที่ ง.407 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.switch.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.000074,5)



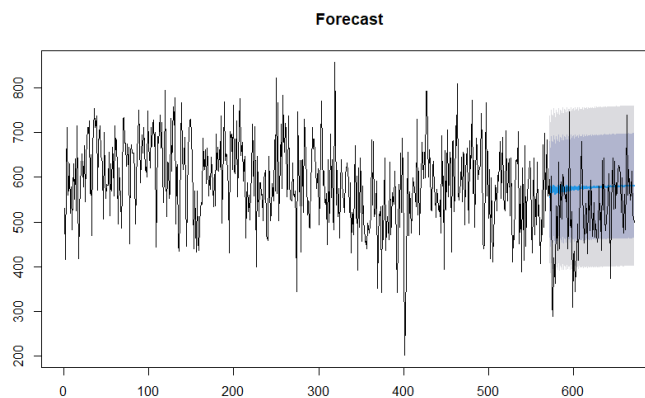
ภาพที่ ง.408 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.uiuc.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.26,4)



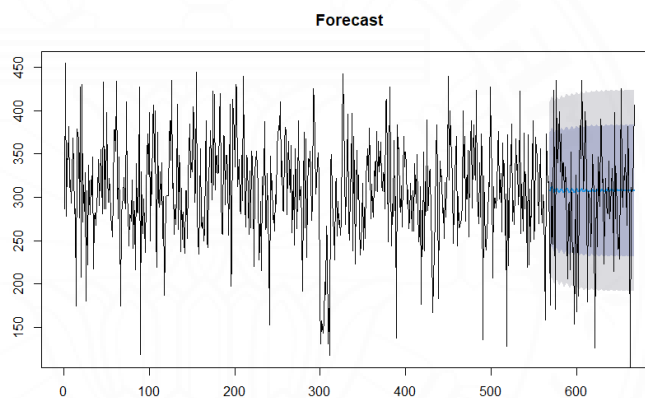
ภาพที่ ง.409 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node1.utdallas.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.27,4)



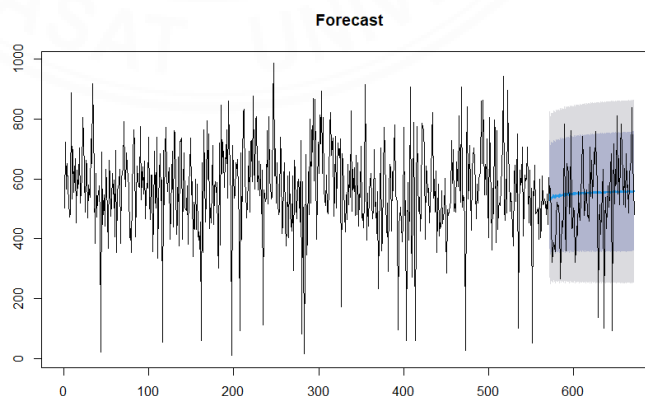
ภาพที่ ง.410 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.ccs.ornl.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.40,4)



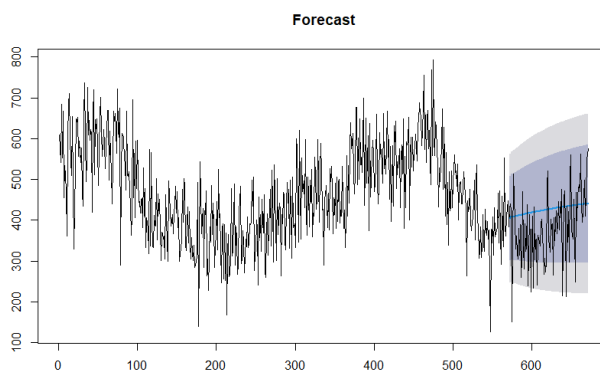
ภาพที่ ง.411 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.cern.ch ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.35,5)



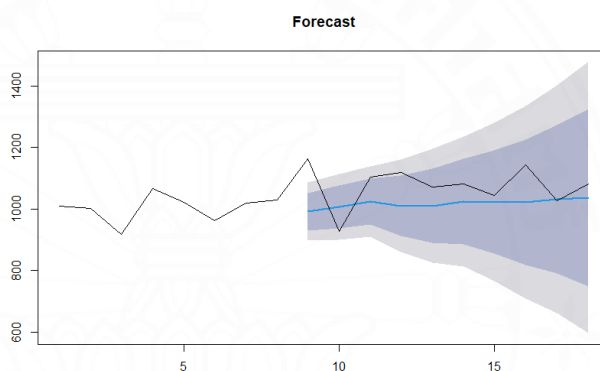
ภาพที่ ง.412 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.gsfc.nasa.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.49,5)



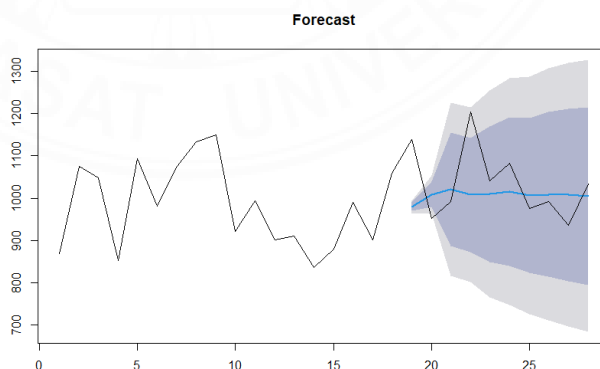
ภาพที่ ง.413 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.nersc.gov ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.35,4)



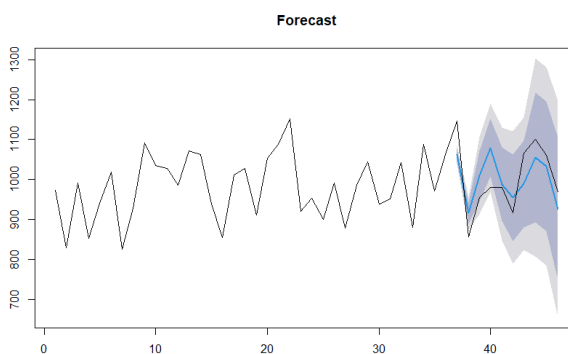
ภาพที่ ง.414 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2004 เครื่องปลายทาง node2.nslabs.ufl.edu ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.17,1)



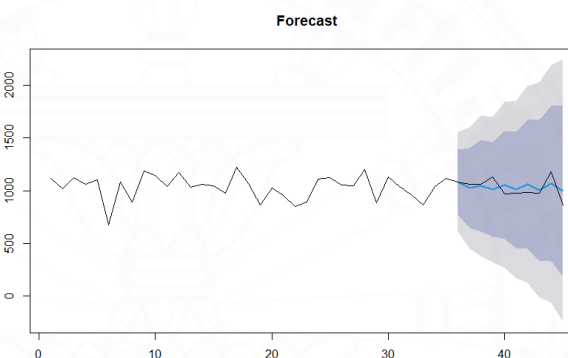
ภาพที่ ง.415 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.11,0)



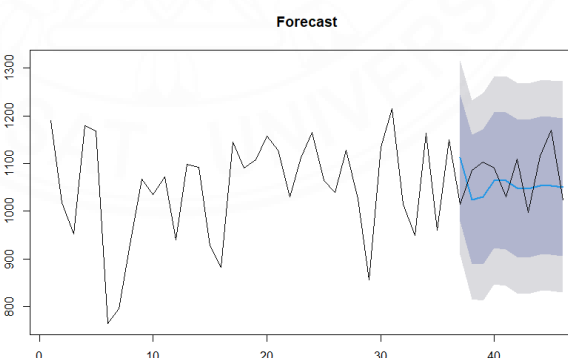
ภาพที่ ง.416 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบบดิวิตท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.48,2)



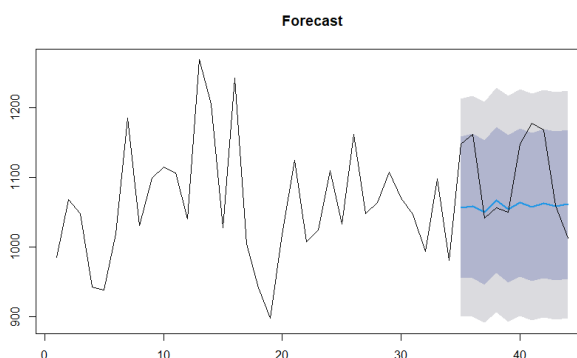
ภาพที่ ง.417 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.46,5)



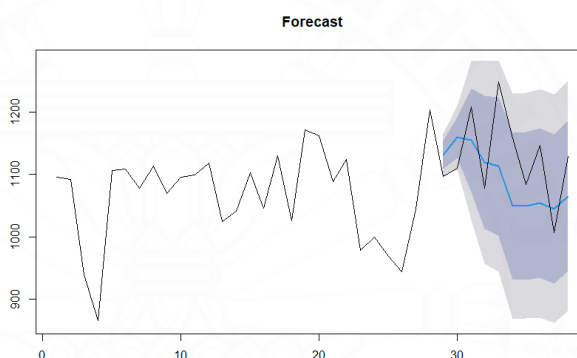
ภาพที่ ง.418 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.31,2)



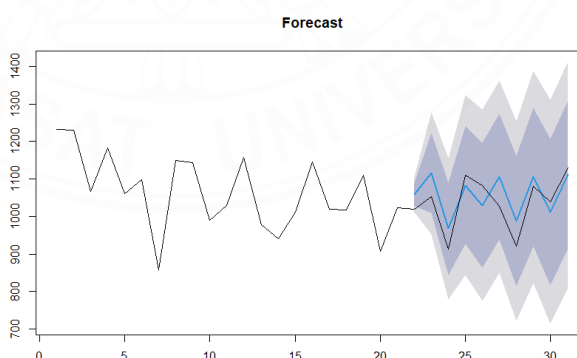
ภาพที่ ง.419 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.15,0)



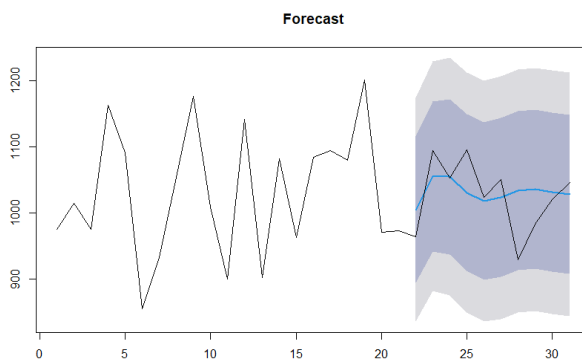
ภาพที่ ง.420 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.01,3)



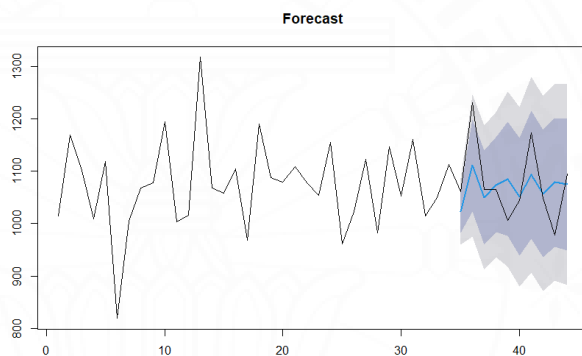
ภาพที่ ง.421 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (6,0.44,2)



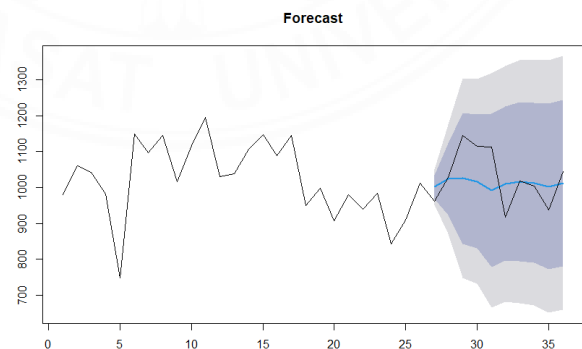
ภาพที่ ง.422 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.33,2)



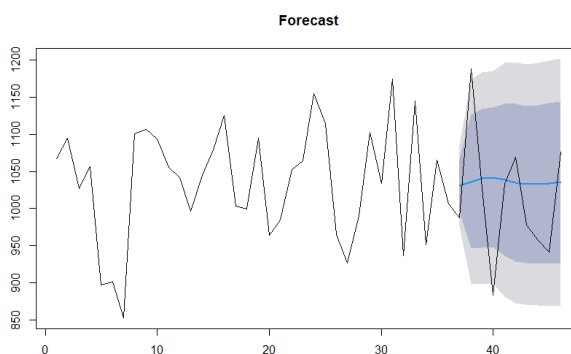
ภาพที่ ง.423 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(4,0.0000458,1)



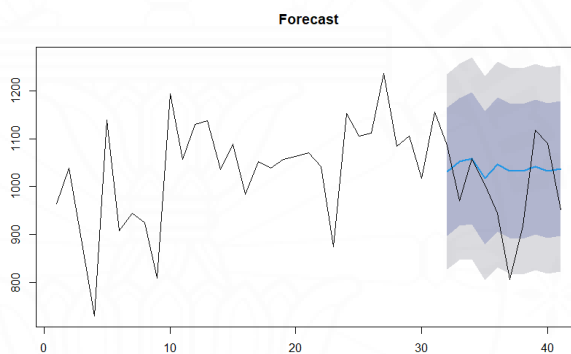
ภาพที่ ง.424 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.49,3)



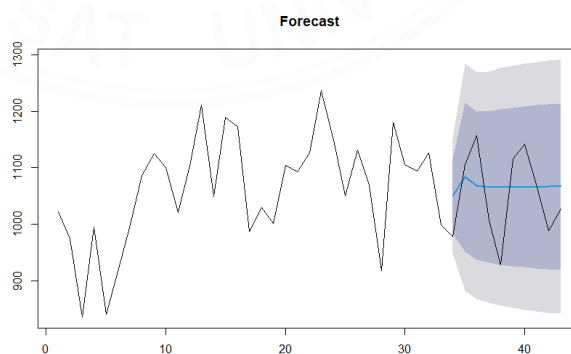
ภาพที่ ง.425 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.45,5)



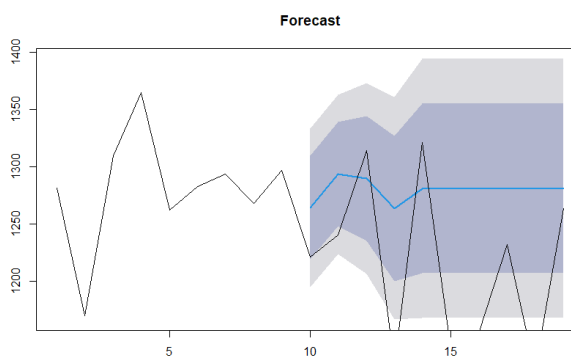
ภาพที่ ง.426 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(2,0.0003,5)



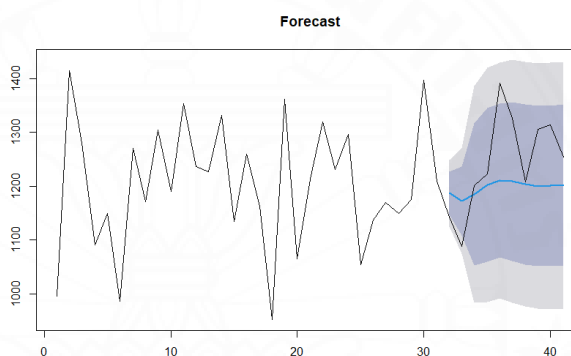
ภาพที่ ง.427 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(4,0.000054,0)



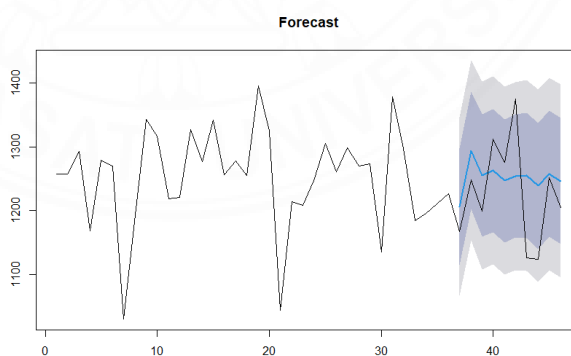
ภาพที่ ง.428 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
iepm-bw.caltech.ul-org ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.40,4)



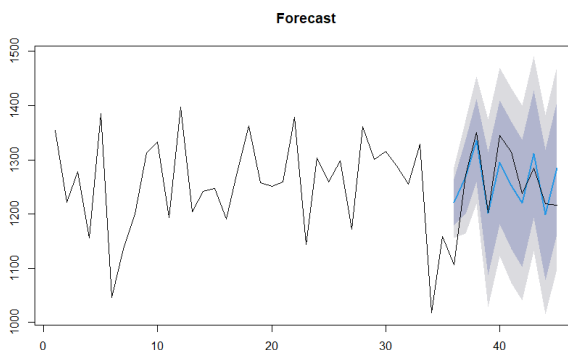
ภาพที่ ง.429 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.0000458,4)



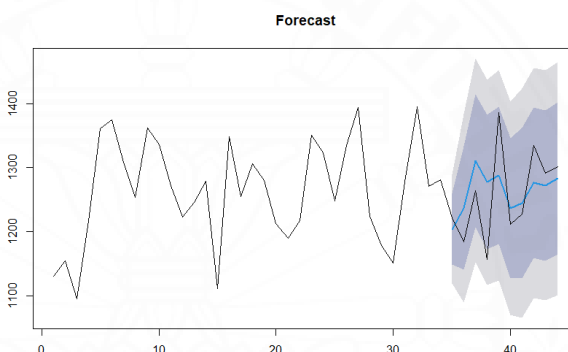
ภาพที่ ง.430 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.30,3)



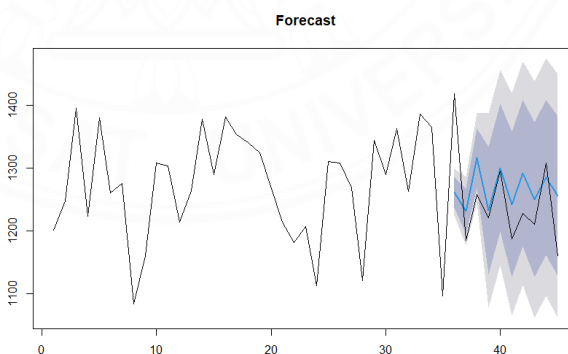
ภาพที่ ง.431 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (6,0.0000458,1)



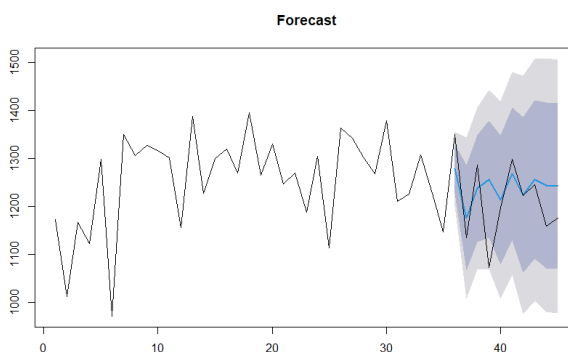
ภาพที่ ง.432 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.39,5)



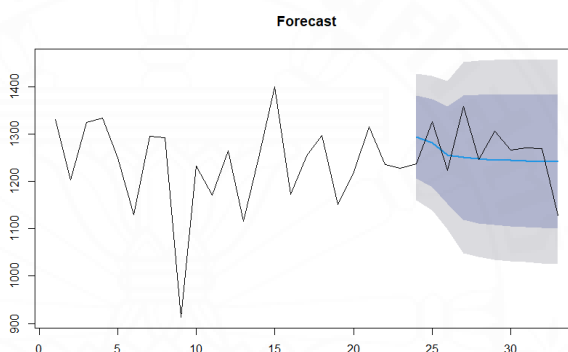
ภาพที่ ง.433 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.32,1)



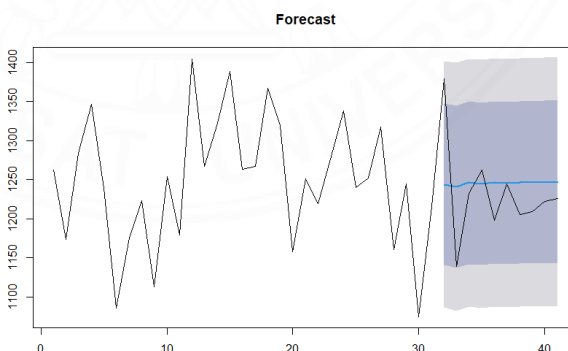
ภาพที่ ง.434 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.49,3)



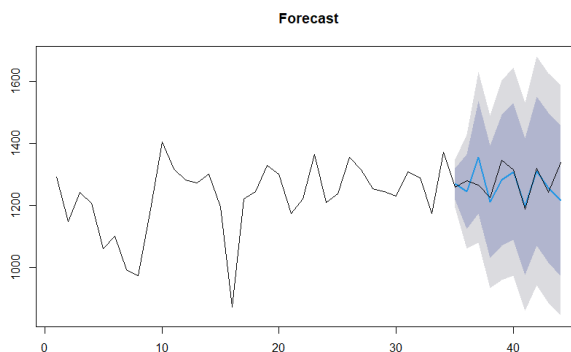
ภาพที่ ง.435 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.45,5)



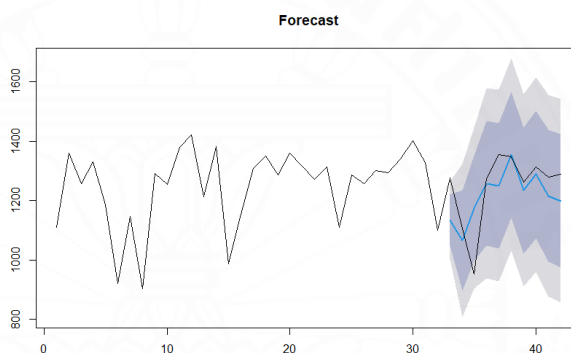
ภาพที่ ง.436 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.31,3)



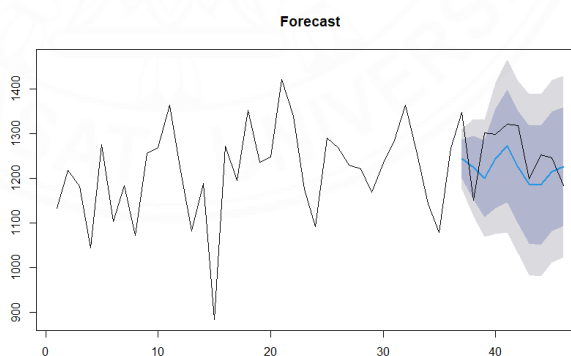
ภาพที่ ง.437 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.07,1)



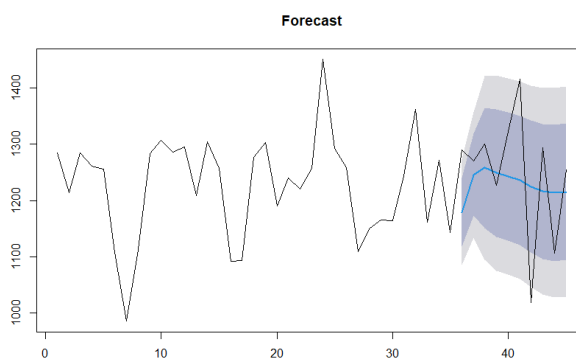
ภาพที่ ง.438 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.49,2)



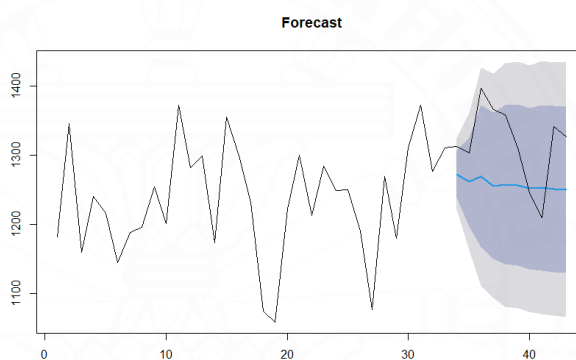
ภาพที่ ง.439 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.38,1)



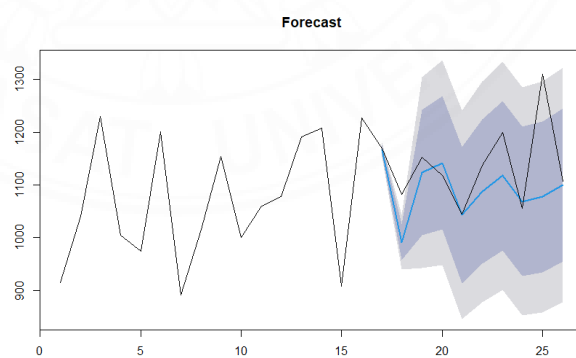
ภาพที่ ง.440 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (6,0.35,3)



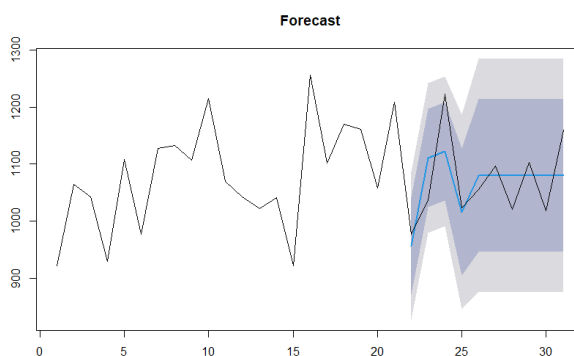
ภาพที่ ง.441 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.32,2)



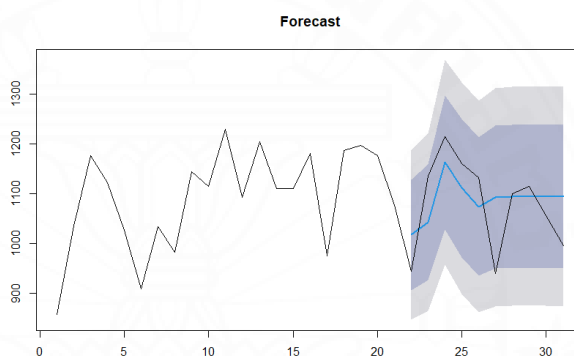
ภาพที่ ง.442 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง iepm-bw.cern.ch ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.42,2)



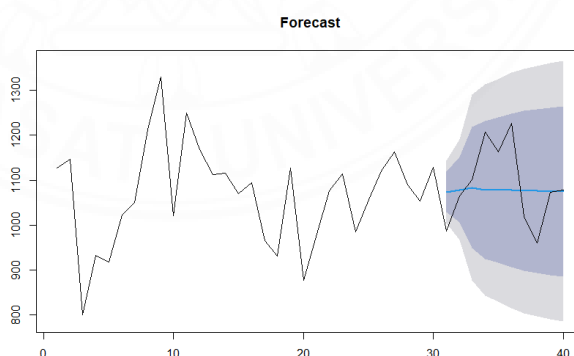
ภาพที่ ง.443 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.49,3)



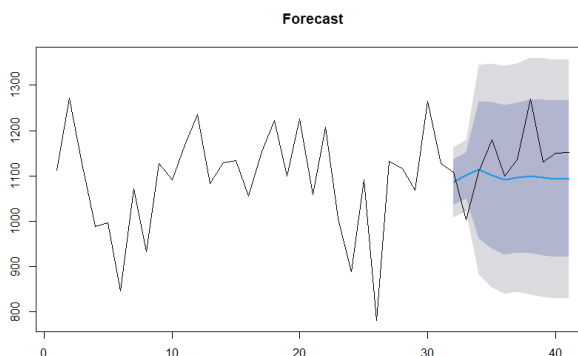
ภาพที่ ง.444 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.000071,4)



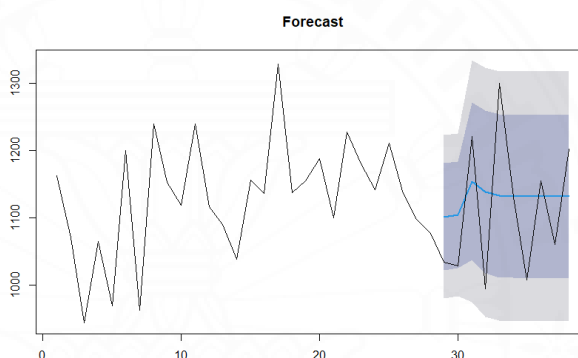
ภาพที่ ง.445 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.19,5)



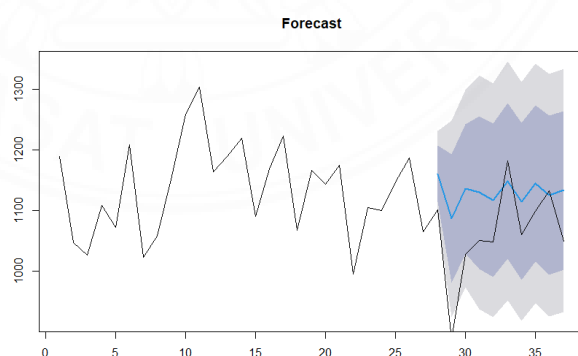
ภาพที่ ง.446 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.48,2)



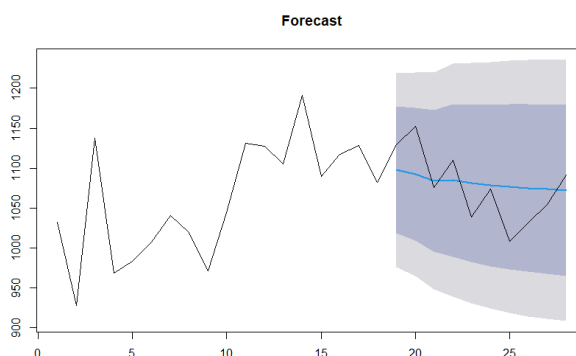
ภาพที่ ง.447 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.33,2)



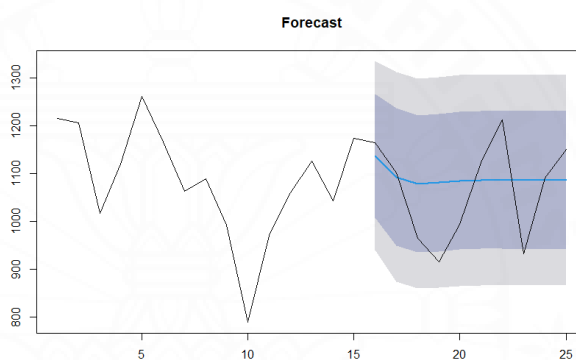
ภาพที่ ง.448 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.16,4)



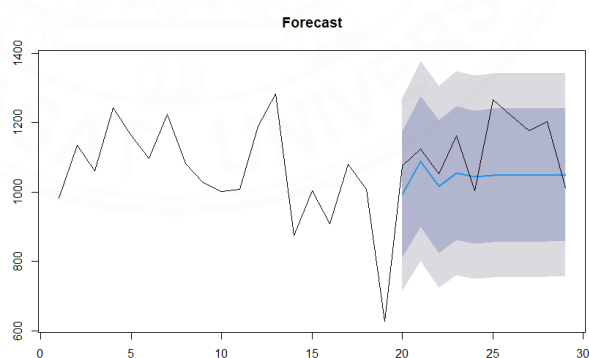
ภาพที่ ง.449 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.30,1)



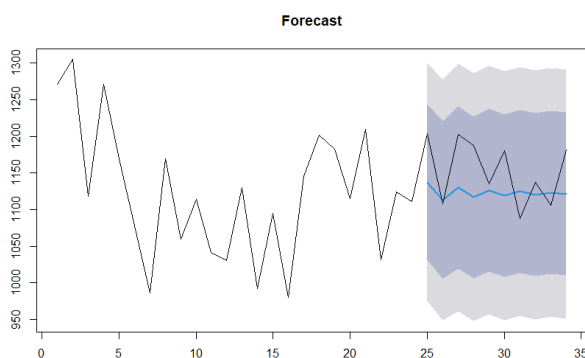
ภาพที่ ง.450 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.08,2)



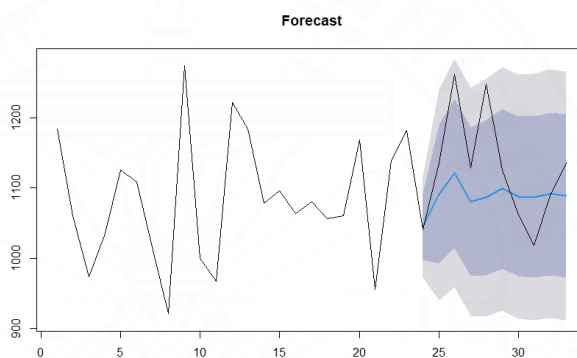
ภาพที่ ง.451 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.0000458,0)



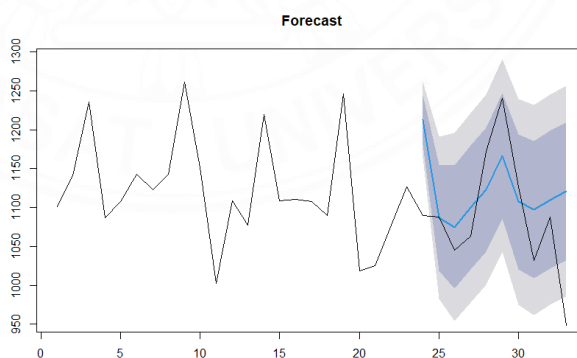
ภาพที่ ง.452 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.07,1)



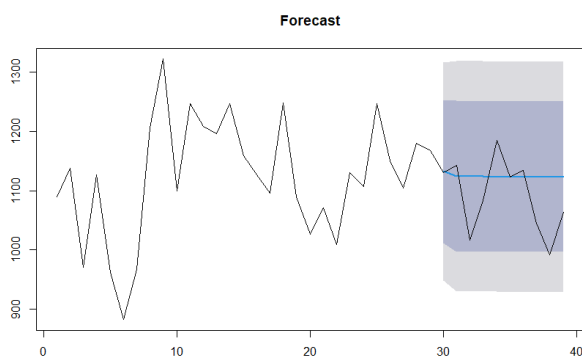
ภาพที่ ง.453 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.0000458,1)



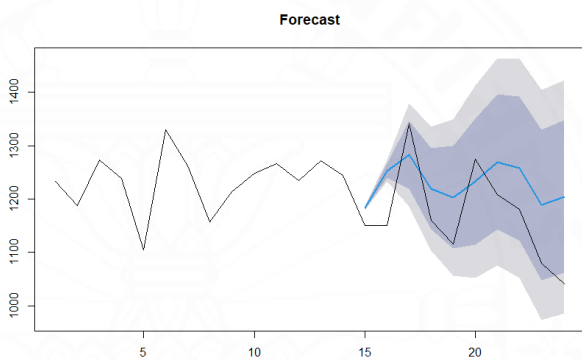
ภาพที่ ง.454 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.41,1)



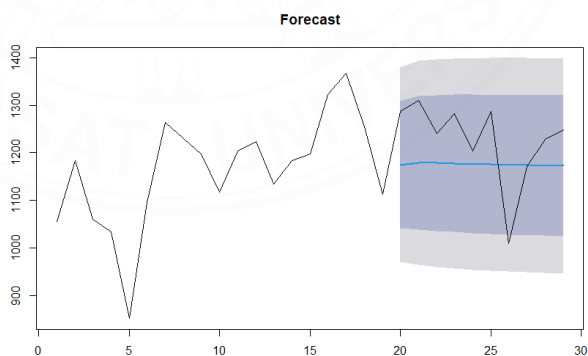
ภาพที่ ง.455 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.33,1)



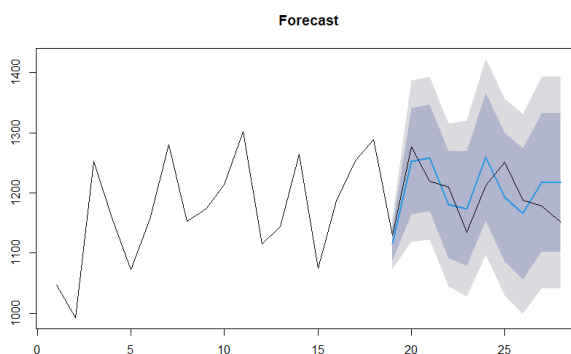
ภาพที่ ง.456 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.desy.de ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.01,1)



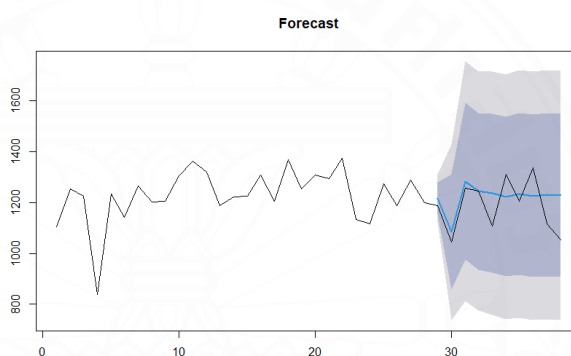
ภาพที่ ง.457 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.42,3)



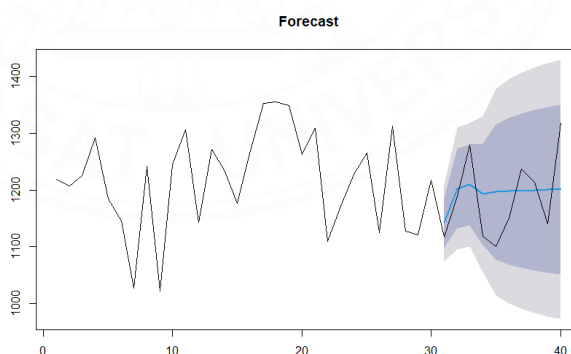
ภาพที่ ง.458 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.31,0)



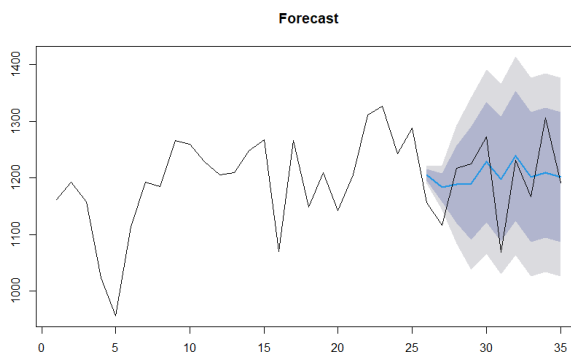
ภาพที่ ง.459 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.30,1)



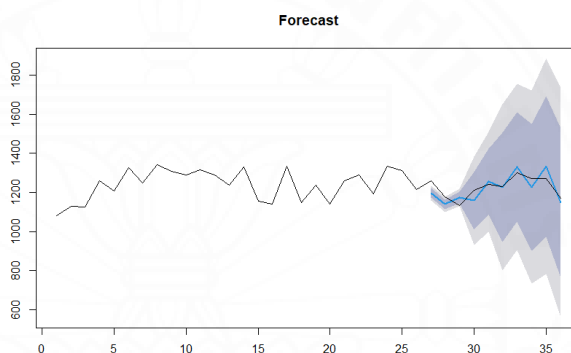
ภาพที่ ง.460 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.27,5)



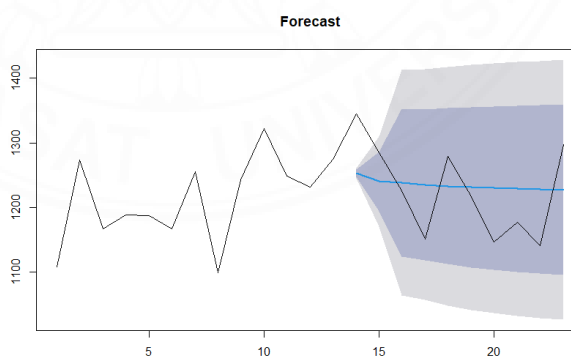
ภาพที่ ง.461 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.48,5)



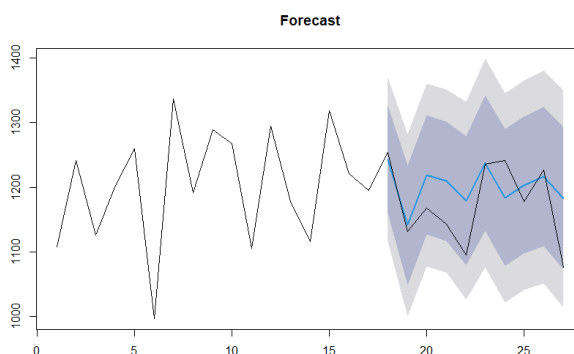
ภาพที่ ง.462 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (6,0.35,3)



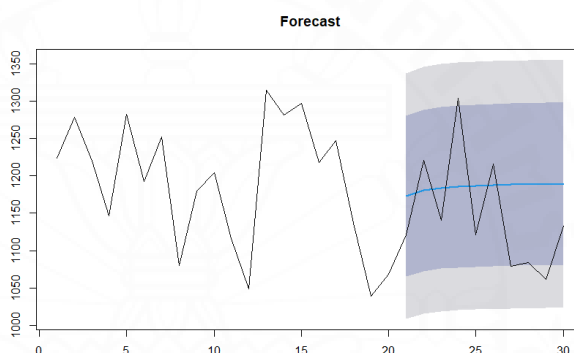
ภาพที่ ง.463 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.40,3)



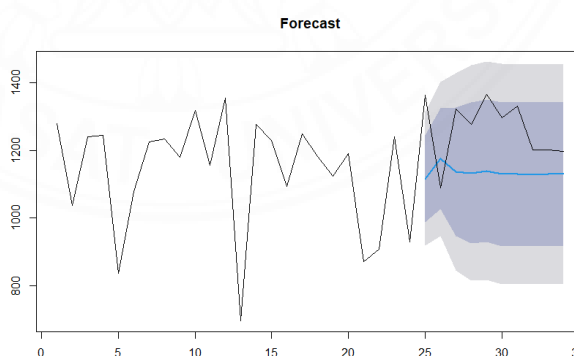
ภาพที่ ง.464 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.48,2)



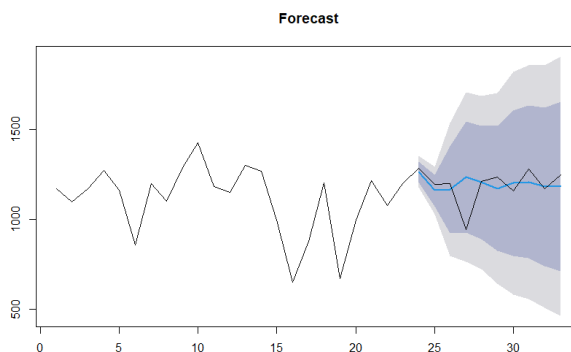
ภาพที่ ง.465 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.0000458,0)



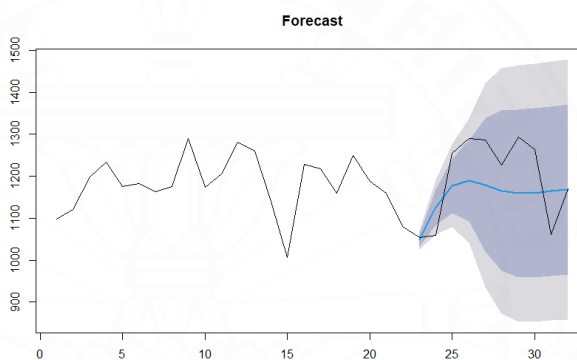
ภาพที่ ง.466 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.11,0)



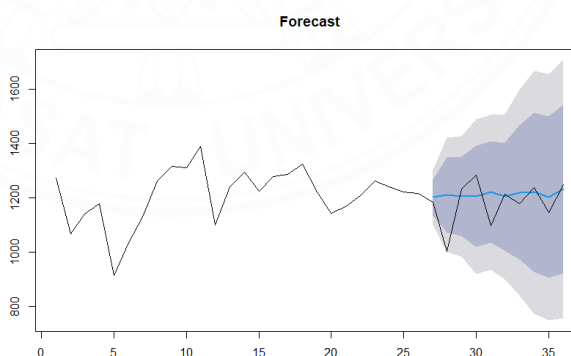
ภาพที่ ง.467 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.19,5)



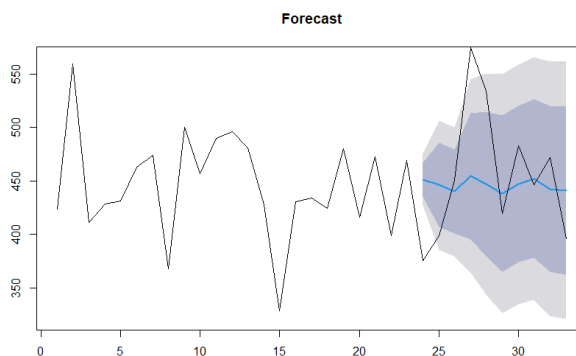
ภาพที่ ง.468 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.42,2)



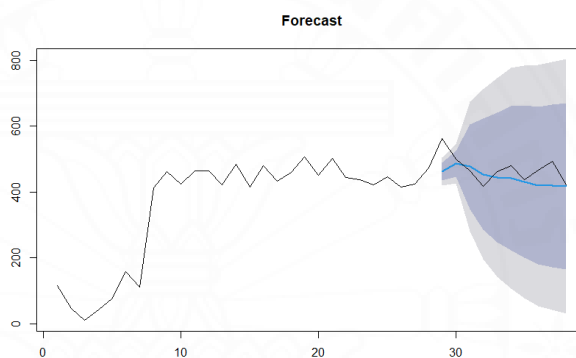
ภาพที่ ง.469 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.46,3)



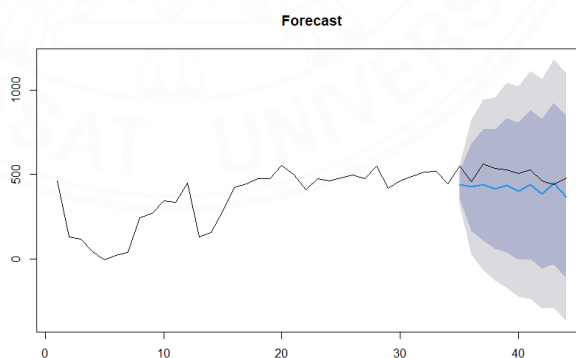
ภาพที่ ง.470 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.sdsc.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.47,2)



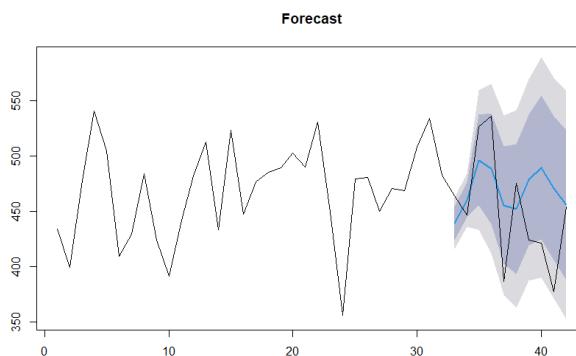
ภาพที่ ง.471 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.49,5)



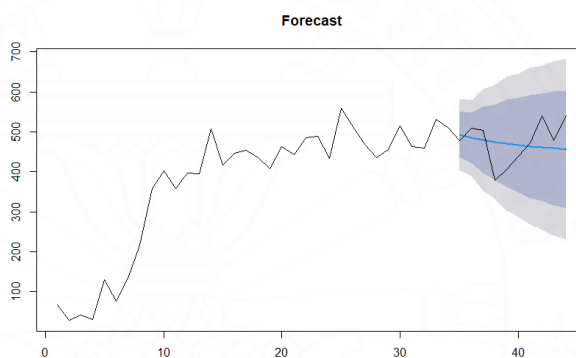
ภาพที่ ง.472 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.38,4)



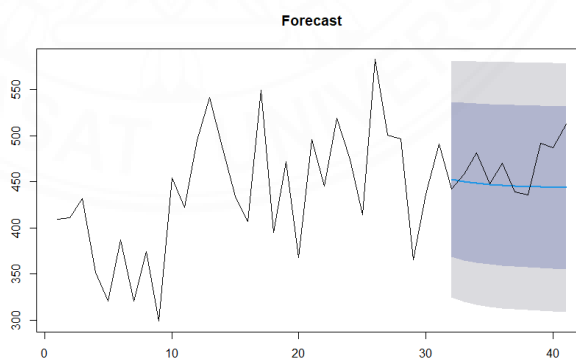
ภาพที่ ง.473 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.46,5)



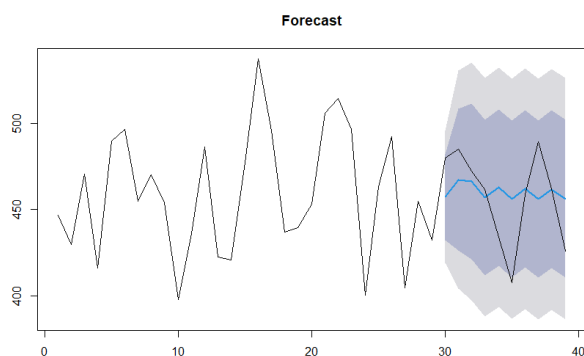
ภาพที่ ง.474 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.49,3)



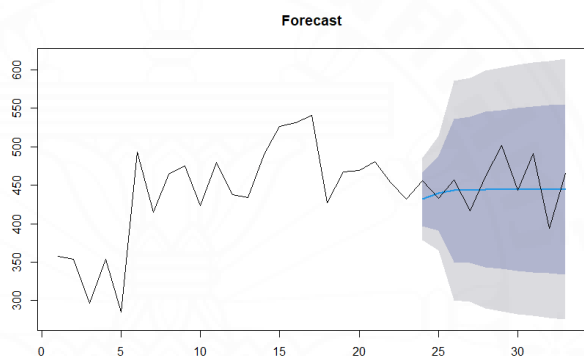
ภาพที่ ง.475 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.30,3)



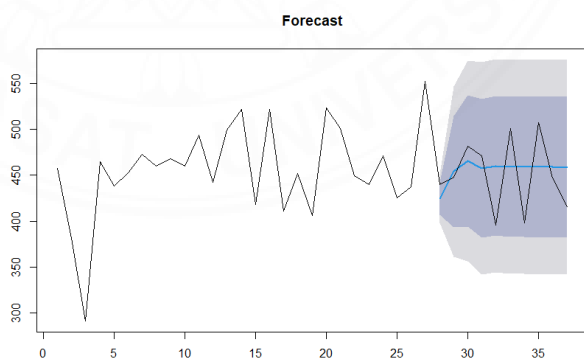
ภาพที่ ง.476 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.27,1)



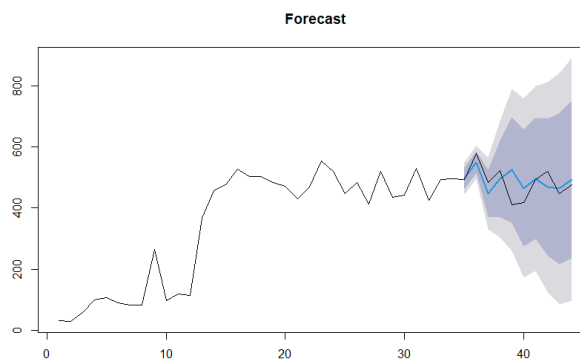
ภาพที่ ง.477 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.33,3)



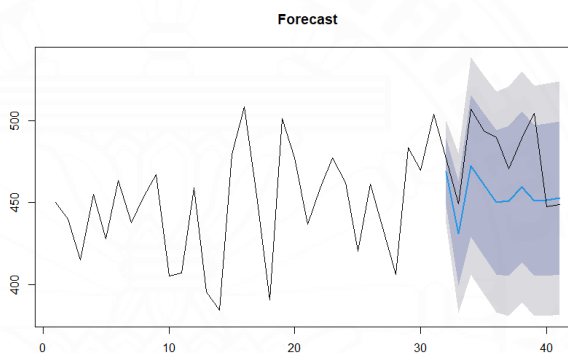
ภาพที่ ง.478 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.49,2)



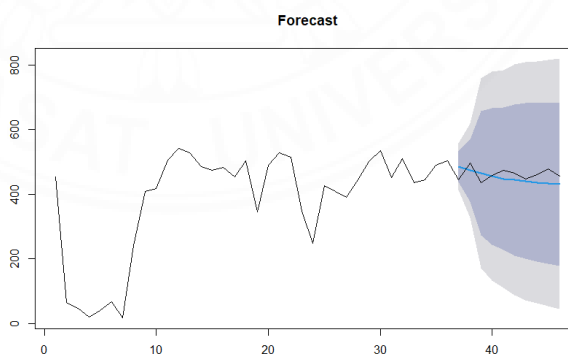
ภาพที่ ง.479 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.48,4)



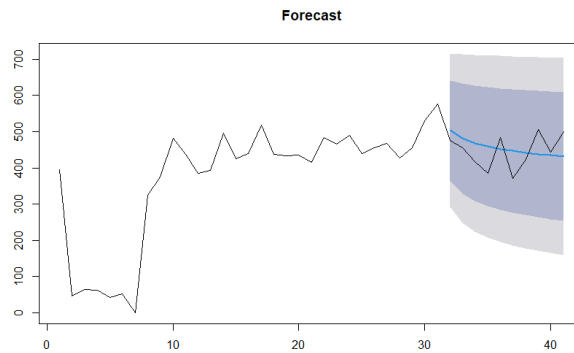
ภาพที่ ง.480 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.49,4)



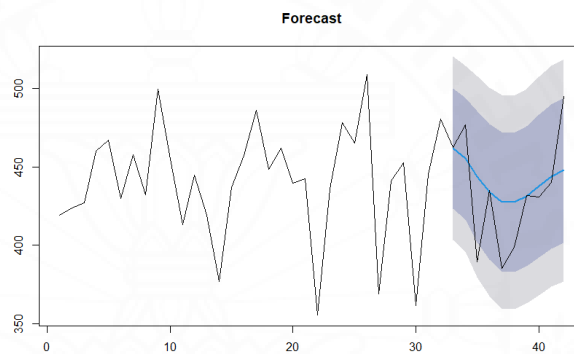
ภาพที่ ง.481 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.32,2)



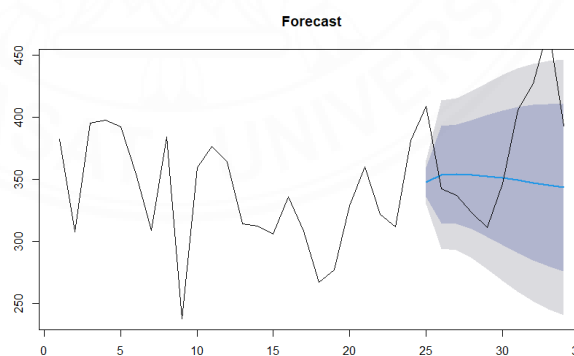
ภาพที่ ง.482 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.45,4)



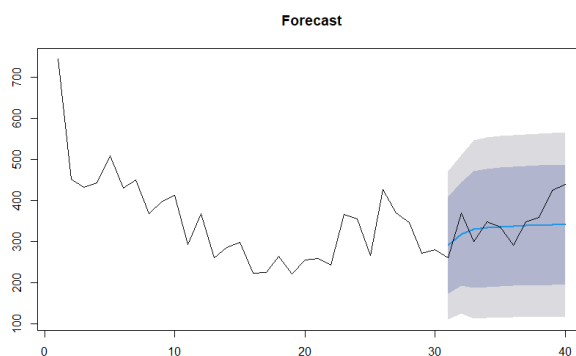
ภาพที่ ง.483 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.46,0)



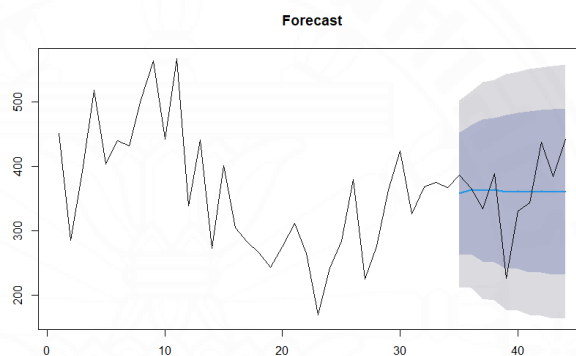
ภาพที่ ง.484 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.triumf.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.00000458,3)



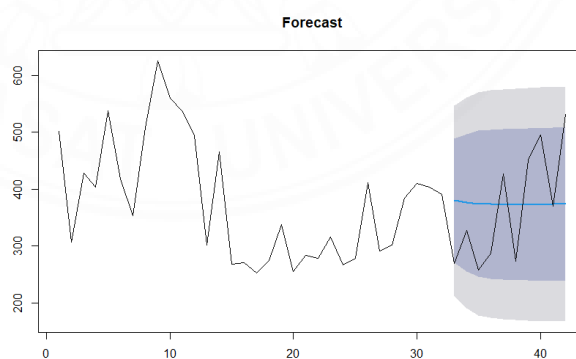
ภาพที่ ง.485 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.34,4)



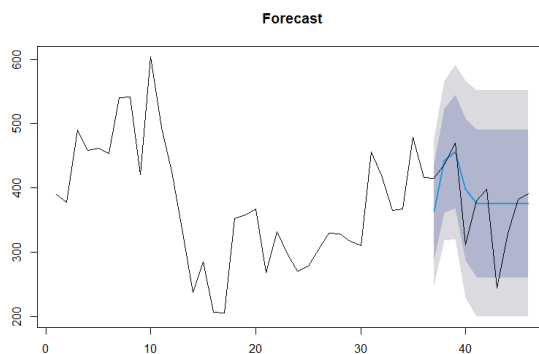
ภาพที่ ง.486 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.21,2)



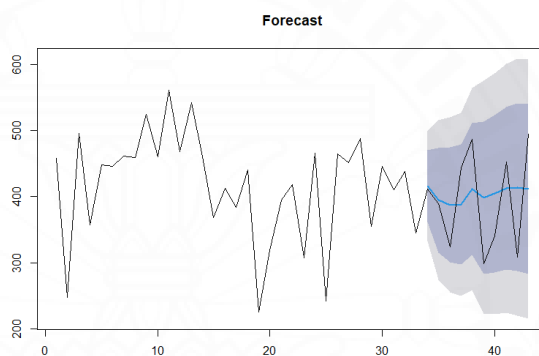
ภาพที่ ง.487 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.05,1)



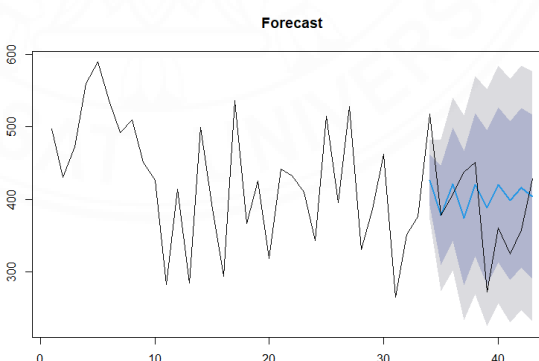
ภาพที่ ง.488 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.28,2)



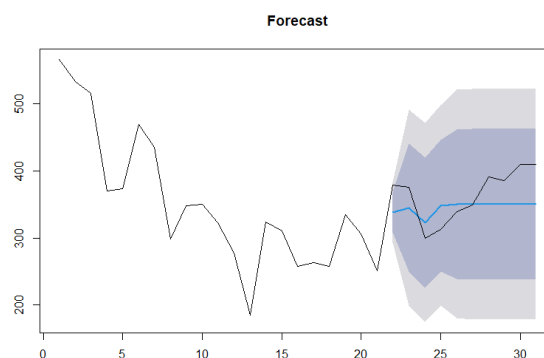
ภาพที่ ง.489 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.02,5)



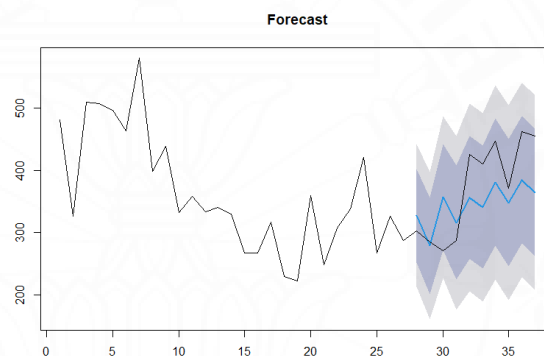
ภาพที่ ง.490 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.30,1)



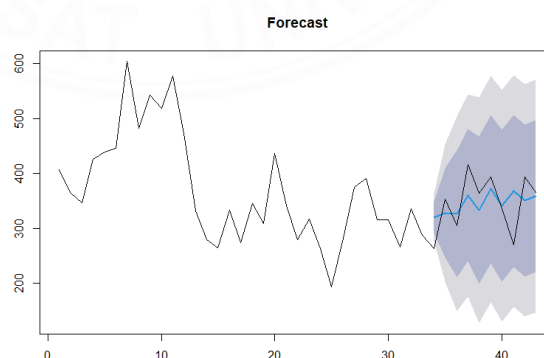
ภาพที่ ง.491 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.39,4)



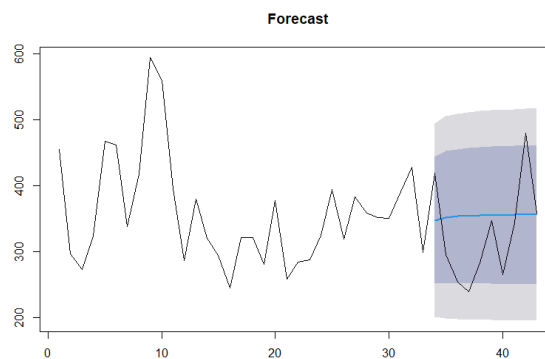
ภาพที่ ง.492 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.00000458,4)



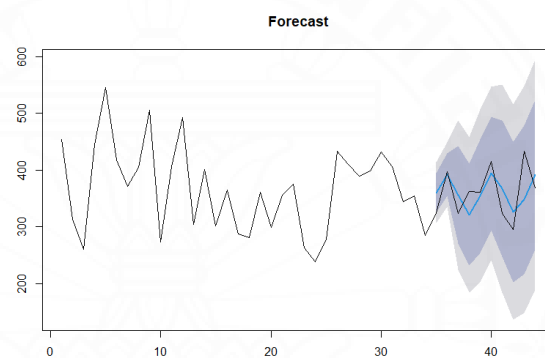
ภาพที่ ง.493 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.00000458,4)



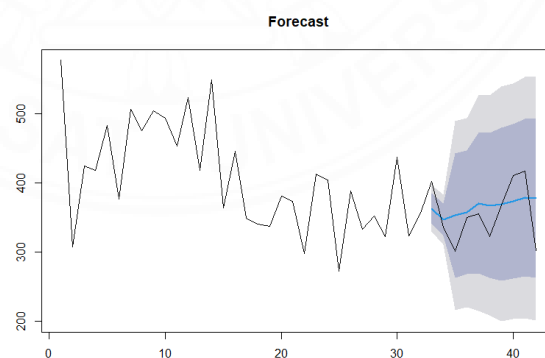
ภาพที่ ง.494 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (5,0.33,4)



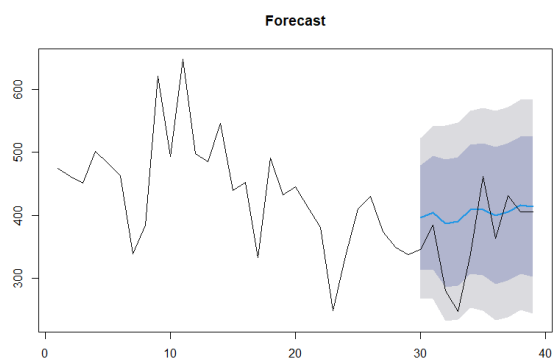
ภาพที่ ง.495 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (0,0.29,0)



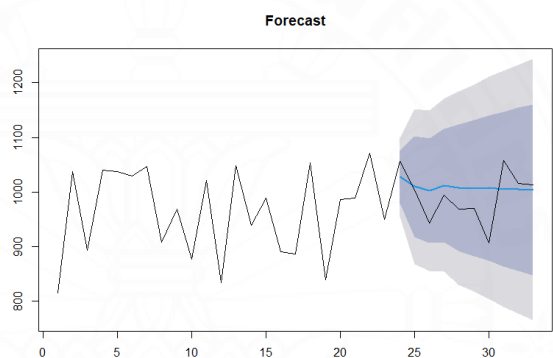
ภาพที่ ง.496 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.49,3)



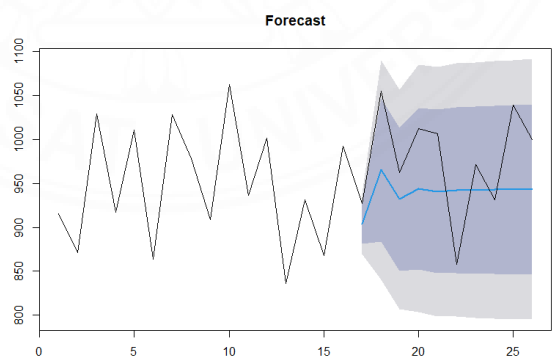
ภาพที่ ง.497 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.42,4)



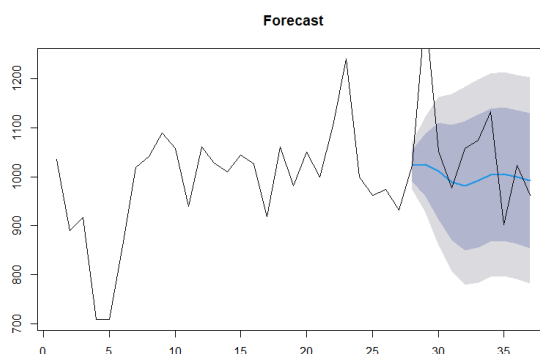
ภาพที่ ง.498 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node1.utoronto.ca ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.12,3)



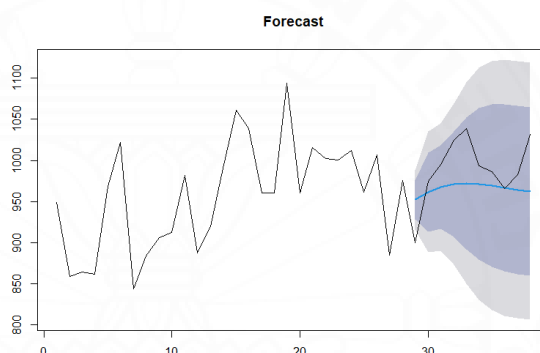
ภาพที่ ง.499 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 1 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (4,0.46,1)



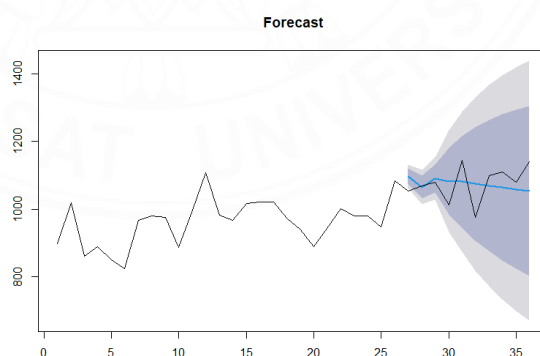
ภาพที่ ง.500 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 2 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (1,0.46,3)



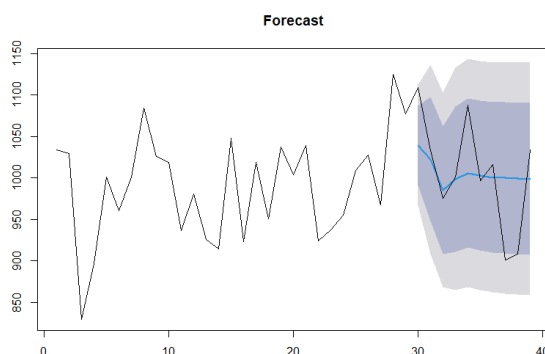
ภาพที่ ง.501 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 3 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.36,4)



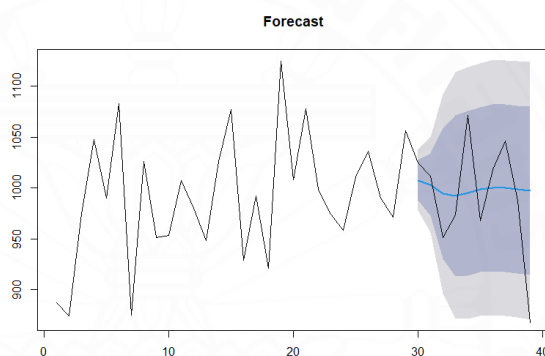
ภาพที่ ง.502 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 4 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.41,3)



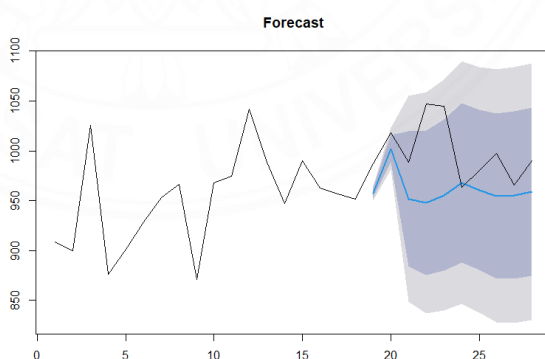
ภาพที่ ง.503 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 5 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.49,3)



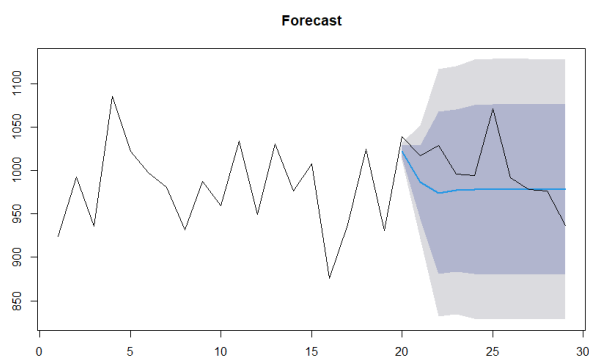
ภาพที่ ง.504 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 6 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.34,3)



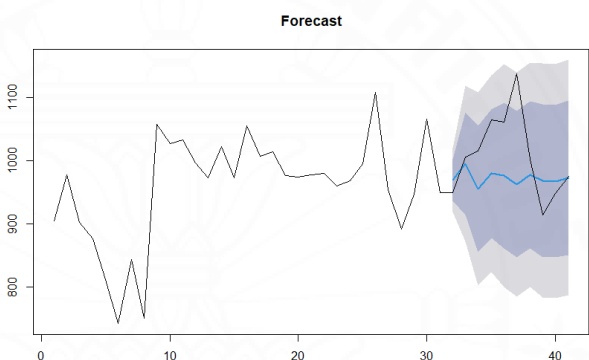
ภาพที่ ง.505 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 7 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.45,3)



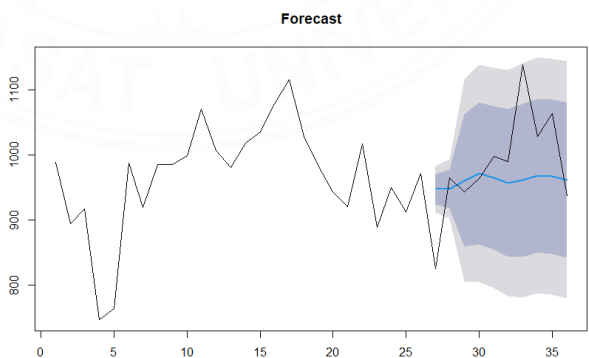
ภาพที่ ง.506 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 8 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.47,5)



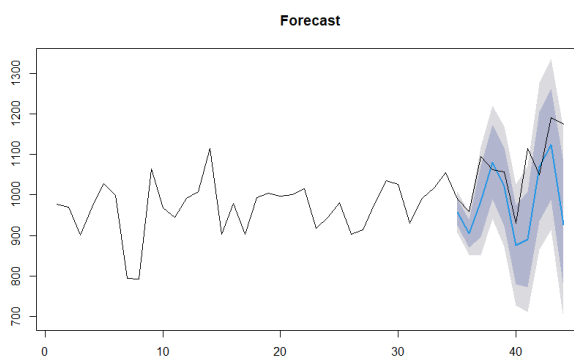
ภาพที่ ง.507 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 9 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.05,4)



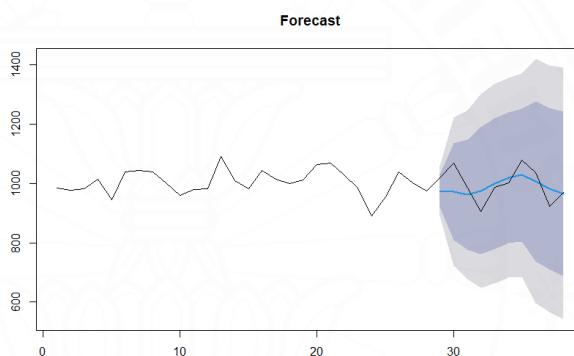
ภาพที่ ง.508 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 10 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (2,0.45,2)



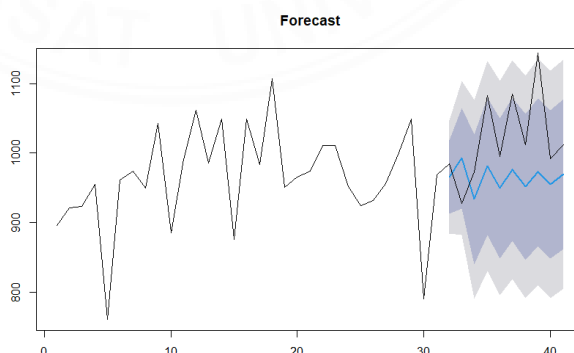
ภาพที่ ง.509 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 11 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA (3,0.30,4)



ภาพที่ ง.510 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 12 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(2,0.49,4)



ภาพที่ ง.511 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 13 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(4,0.31,5)



ภาพที่ ง.512 ผลการพยากรณ์ข้อมูลแบนด์วิดท์ที่พร้อมใช้งานชุดข้อมูลปี ค.ศ. 2009 เครื่องปลายทาง  
node7.slac.stanford.edu ชุดที่ 14 ด้วยตัวแบบอนุกรมเวลาฟารีมา (ย้อนกลับ) FARIMA  
(3,0.01,1)

ภาคผนวก จ  
บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

## Modeling and Forecasting of End-to-End Available Bandwidth in Wide Area Networks

Mr. Techin Maneesorn  
Department of Computer Science  
Thammasat University  
Pathum Thani, Thailand  
techin.manee@gmail.com

Wanida Putthividhya, Ph.D.  
Department of Computer Science  
Thammasat University  
Pathum Thani, Thailand  
wanidap@cs.tu.ac.th

**Abstract**— This paper studied modeling and forecasting end-to-end available bandwidth in Wide Area Networks using time series models. We used the ARIMA( $p,d,q$ ) and SARIMA( $p,d,q$ )( $P,D,Q$ ) $s$  models to model available bandwidth data sets published by Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) in 2009. We found that both models can be used to model available bandwidth along an end-to-end path. In addition, our results indicated that SARIMA outperforms ARIMA in forecasting future available bandwidth.

**Keywords**—ARIMA model, SARIMA model, Forecasting, Time series, Available bandwidth, Wide networks

### I. INTRODUCTION

The Internet has changed the ways that foremost organizations and emerging companies carry out their daily business. Instead of customers transporting to reach services, companies must make their services accessible from anywhere and at any time. This is made possible via the Internet that serves as the main infrastructure connecting service providers and customers together. Customers, then, utilize available communication bandwidth inside the Internet to access services as desired.

Available bandwidth inside the underlying network plays a major role for accomplishing the expected service quality. Failure to provide the expected service quality results in an ineffective service, which customers may not be satisfied.

Quality of service expected by customers varies from one business to another. Time-insensitive services, e.g. e-mails, cloud storage, and file transfers, are effective only if achieving high availability and reliability. On the other hand, services mainly involving multimedia contents, e.g. video streaming, video conferencing, Internet telephony, and distance learning, require more to be effective. These services must achieve not only high availability and reliability but also continuous playback.

Knowing in advance the available bandwidth along an Internet path which customer uses to access a service could be beneficial for achieving the aforementioned quality of service. For instance, streaming a video file with a playback rate that suits the current available bandwidth helps achieving the playback continuity. However, since communication bandwidth inside the Internet is shared among large number of intermittent data flows, the available bandwidth along an end-to-end path varies from to time. As a result, predicting the available bandwidth along an end-to-end path is quite a challenge.

Modeling available bandwidth of an end-to-end path in both wired and wireless networks has been studied in the related work [4, 5]. Putthividhya et al. [4] studied modeling of available bandwidth along an end-to-end path using available bandwidth data sets published by Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) [3] in 2004. They found that it was not possible to model available bandwidth along an end-to-end

path as an ARIMA model. On the other hand, they stated that available bandwidth along an end-to-end path could be modeled as a self-similar process, e.g. fractional Gaussian noise (FGN) and seasonal fractional ARIMA (SFARIMA). However, the work [4] neither sought for the most suitable model in such classes nor studied the effectiveness of using the models to forecast available bandwidth of end-to-end paths. Griwodz and Halvorsen [5] proposed a framework for bitrate planning using GPS-based bandwidth-lookup service. Positions on earth in the form of (latitude, longitude) and corresponding cellular network bandwidth measurements along major bus routes in Oslo, Norway were collected in an offline phase. Averages of these historical bandwidth data suggest bit rates to encode video files when requested. The authors reported that the framework could facilitate video playbacks via cellular networks along major bus routes in Oslo, Norway. That is, users experienced continuous playbacks with proper quality.

In this paper, we studied modeling and forecasting available bandwidth of an Internet path using time series models. Unlike the related work [4], this paper utilized SLAC's end-to-end available bandwidth data sets collected during February to March 2009. The data sets consist of available bandwidth measurements along seven end-to-end paths from SLAC to participating organizations in Asia, Europe, and North America. Among various types of time series models, we fitted two models, namely Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) [1] and Seasonal Auto-Regressive Integrated Moving Average (SARIMA) [2]. This is since ARIMA is the most general class of models for modeling and forecasting time series [1]. Seasonal ARIMA considers seasonality that might appear in time series. Including SARIMA models in our experiments increases our chance to find a good time series model for each data set. Compared to the related work [4], our study proposed different time series models to model available bandwidth of an end-to-end path. Moreover, we sought for the best ARIMA and SARIMA models for each available bandwidth data set. We also compared the performance of the two models in forecasting available bandwidth. The higher the forecasting accuracy is, the better the model performs.

Our results indicated that both ARIMA and SARIMA models could be used to model available bandwidth along an end-to-end path in the Internet. In addition, SARIMA outperformed ARIMA in forecasting available bandwidth of an Internet path. That is, for five out of seven paths from SLAC to various organizations, SARIMA was more accurate than ARIMA in forecasting available bandwidth along the paths. With the available bandwidth data collected in 2009, our results are not consistent with those presented in the work [4]. We plan to investigate this issue in our future work.

The rest of this paper is organized as follows. Section 2 summarized the related work. Section 3 discussed our

methodology for modeling and forecasting available bandwidth along an end-to-end path using ARIMA and SARIMA models. Then, we presented our results and discussions in section 4. Lastly, we concluded our work and discussed our future work in section 5.

## II. RELATED WORK

In this section, we discussed briefly existing work [4, 5] in the literature relating to modeling and forecasting available bandwidth along an end-to-end path.

Putthividhya et al. [4] studied modeling of end-to-end available bandwidth along an end-to-end path. The study [4] proposed assumptions of modeling available bandwidth over time along an end-to-end path as an Autoregressive Integrated Moving-Average process (ARIMA) and as a self-similar process. To testify their two assumptions, the authors employed available bandwidth measurements along 34 end-to-end paths collected during June to September 2004 and published by SLAC [3]. They found that it was not possible to model available bandwidth along an end-to-end path as an ARIMA model. On the other hand, their results indicated that available bandwidth along an end-to-end path could be modeled as a self-similar process, e.g. fractional Gaussian noise (FGN) and seasonal fractional ARIMA (SFARIMA). However, the work [4] neither sought for the most suitable model in such classes nor studied the effectiveness of using the models to forecast available bandwidth of end-to-end paths.

Griwodz and Halvorsen [5] proposed a framework for bitrate planning using GPS-based bandwidth-lookup service. The framework could be beneficial for multimedia content streaming via mobile devices which is a very popular service nowadays. Positions on earth in the form of (latitude, longitude) and corresponding cellular network bandwidth measurements along major bus routes in Oslo, Norway were collected in an offline phase. While streaming a multimedia file, current positions of target user are periodically fed back to the centralized server. The server infers available bandwidth at the target's position based on an average of historical data. The server then encodes the requested multimedia file at a bit rate corresponding to the inferred bandwidth. Bot simulation and real-world experimental results indicated that the framework could facilitate video playbacks via cellular networks along major bus routes in Oslo, Norway. That is, users experienced continuous playbacks with proper quality.

## III. METHODOLOGY

Time series data used in our study is the available bandwidth along end-to-end paths collected from late February to late March 2009 and published by Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) [3]. The data sets consist of available bandwidth measurements along seven paths from SLAC to seven participating nodes in North America, Europe and Asia. For each data set, a series of available bandwidth data indexed in time order are considered as time series data. The internal structure of each data set must be analyzed to obtain a time series model fitting the data set the most. We explained our methodology for modeling and forecasting available bandwidth along an end-to-end path as follows.

Fig 1 illustrates four major steps of our methodology. The first step is for preparing data sets so that (1) each data set contains available bandwidth of an end-to-end path measured at equally spaced intervals and (2) each data set holds the Stationary property. Secondly, each available bandwidth data set resulting from the first step is considered as time series data and analyzed as an ARIMA( $p, d, q$ ) model and a SARIMA( $p, d, q$ )( $P, D, Q$ )[ $s$ ] model. Thirdly, for each data set, we used the most suitable ARIMA and SARIMA models resulted from the previous step to forecast available bandwidth. Finally, for each data set, we compared the performance of the two models using Root Mean Squared Errors (RMSE). The lower the corresponding RMSE is, the more accurate the model is.

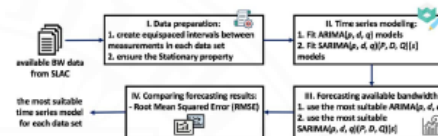


Fig. 1. Overall system of Modeling and Forecasting of End-to-End Available Bandwidth in Wide Area Networks

### A. Data Preparation

Time series data must satisfy two conditions in order to yield a suitable model. The suitable model results in low forecasting errors. The first condition states that data within a time series must be collected at equi-spaced time intervals. Secondly, the time series must hold the Stationary property. A stationary time series is one whose statistical properties such as mean, variance, autocorrelation, etc. are all constant over time [1]. Failure to hold the Stationary property requires further data processing prior to fitting a time series model. Therefore, the first step in our methodology is preparing SLAC's available bandwidth data sets such that the two conditions were satisfied.

To satisfy the equi-spaced intervals condition, we removed any outlier period by simply breaking an original available bandwidth data set at the outlier interval. An original data set could result in a number of smaller data sets. Each new data set contained only measurements collected at equally spaced intervals. In our work, we prepared SLAC's available bandwidth data sets such that each set contained measurements collected at approximately 30 minute intervals.

Next, we further verified whether the resulting data sets with equi-spaced intervals holds the Stationary property using the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test in R statistical software. Fig.2 shows a data set with available bandwidth measurements made at around 30 minute intervals. Fig.3 demonstrates the result of an ADF test indicating that the data set shown in Fig.2 is non-stationary. We further processed data sets without the Stationary property. We repeatedly applied differencing of the time series until we obtained the desired Stationary property. The first difference of a time series is the series of changes from one period to the next. Given that  $Y_t$  denotes the value of the time series  $Y$  at time  $t$ , then the first difference of  $Y$  at time  $t$  is equal to  $Y_t - Y_{t-1}$ . Fig.4 and Fig.5 show the data set in Fig.2 after first differencing and their corresponding ADF test result, respectively.

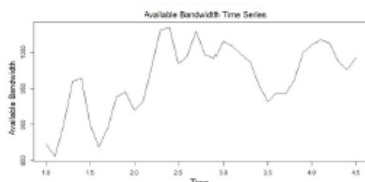


Fig. 2. Available bandwidth data from node iepm-bw@slac.stanford.edu to node7.slac.stanford.edu.

```

Augmented Dickey-Fuller Test
data: patchhrp_na
Dickey-Fuller = -1.8745, Lag order = 3, p-value = 0.622
alternative hypothesis: stationary

```

Fig. 3. The result of an Augmented Dickey-Fuller (ADF) test applied to the data set shown in Fig.2 The p-value greater than 0.05 indicates that this data set is non-stationary.

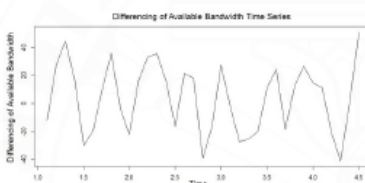


Fig. 4. First differencing of available bandwidth data from node iepm-bw@slac.stanford.edu to node7.slac.stanford.edu.

```

Augmented Dickey-Fuller Test
data: patchhrp_d1
Dickey-Fuller = -5.1298, Lag order = 3, p-value = 0.01
alternative hypothesis: stationary

```

Fig. 5. The result of an Augmented Dickey-Fuller (ADF) test applied to the data set shown in Fig.4 The p-value less than 0.05 indicates that this data set is stationary.

### B. Time Series Modeling

After preparing available bandwidth data sets as discussed in Section III.A, we sought for the most suitable ARIMA( $p,d,q$ ) and SARIMA( $p,d,q$ )( $P,D,Q$ )[ $s$ ] models for each data set. In this step, we initially used R statistical software to obtain the most suitable ARIMA and SARIMA models for each data set. Fig.6 shows results of modeling an available bandwidth data set using the ARIMA( $0,1,2$ ) model. The Akaike Information Criterion (AIC) value indicates how much the model is suitable for modeling the data set. The lower the AIC value is, the more suitable the model is. The forecasting equation resulting from modeling available bandwidth as the ARIMA( $0,1,2$ ) model is shown in Eq.(1)

$$Y_t = \delta + 0.0751 e_{t-1} - 0.6451 e_{t-2} \quad (1)$$

Then, we ascertained the randomness and normality of residuals resulting from fitting the models using the auto-correlation and the normal Quantile-Quantile plots, respectively. The auto-correlation plot exhibits the correlation between  $Y_t$  and  $Y_{t+k}$ ,  $k \geq 0$ . If the data are

independent, the auto-correlations should be near zero for all lag values. In turn, the residuals resulting from fitting an ARIMA( $p,d,q$ ) model to our data set are random if there is no significant auto-correlation shown in the auto-correlation plot. The normal Quantile-Quantile plot is a graphical method for checking normality of the resultant residuals. The normal Q-Q plot forms an approximately straight line if the resultant residuals are normally distributed. If any lack of fit was indicated, we adjusted parameters to obtain a better model and test the randomness and the normality again. Fig.7 demonstrates an auto-correlation plot and a normal Q-Q plot which suggest a good fit of model to the data.

```

ARIMA(0,1,2)
Coefficients:
    ma1      ma2
  0.0751  -0.6451
s.e.  0.1106  0.1036

sigma^2 estimated as 476.8: log likelihood=-197.65
AIC=401.3  AICC=401.9  BIC=406.65

```

Fig. 6. Results of modeling available bandwidth data from node iepm-bw@slac.stanford.edu to node7.slac.stanford.edu using the ARIMA( $0,1,2$ ) model.

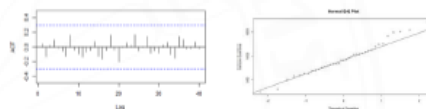


Fig. 7. Auto-correlation plot and normal Q-Q plot of residuals resulting from modeling available bandwidth data from node iepm-bw@slac.stanford.edu to node7.slac.stanford.edu using the ARIMA( $0,1,2$ ) model.

### C. Available Bandwidth Forecasting

At this step, we employed the most suitable ARIMA and SARIMA models resulting from Section III.B to forecast available bandwidth along the corresponding path.

In order to know whether the model is accurate, we divided each data set into 2 parts: the training and testing sets. Data in the training set was used to forecast available bandwidth in ten future periods. The forecasting results were compared with the corresponding actual bandwidth in the testing set.

Fig.8 and Fig.9 demonstrate the forecasting result of the ARIMA( $0,1,16$ ) model and SARIMA( $2,1,0$ )( $0,0,1$ )[10] model compared to the actual available bandwidth data. The black line inside the shaded area indicates the actual available bandwidth. The blue line illustrates the available bandwidth forecasted by the ARIMA( $0,1,16$ ) and SARIMA( $2,1,0$ )( $0,0,1$ )[10] models. We noticed that even though the forecasting results were not 100% correct, the forecasted bandwidth and the corresponding actual bandwidth share the same trend.

### D. Performance Comparison: ARIMA vs. SARIMA

The last step in our methodology is comparing the effectiveness of ARIMA and SARIMA models in forecasting available bandwidth along an end-to-end path. Specifically, we computed the Root Mean Squared Error (RMSE) yielded by the most suitable ARIMA and SARIMA models for each data set. The lower RMSE is, the more effective the model is.

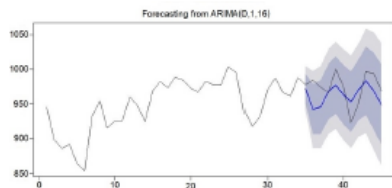


Fig. 8. Forecasting result by the ARIMA(0,1,16) model compared with actual dataset.

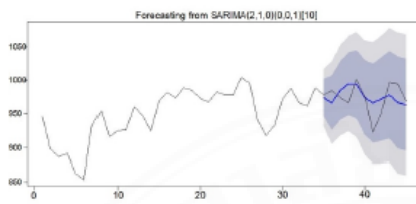


Fig. 9. Forecasting result by the SARIMA(2,1,0)(0,0,1)[10] model compared with actual dataset.

#### IV. RESULTS AND DISCUSSION

Table I. illustrates RMSEs yielded from using the most suitable ARIMA and SARIMA models to forecast available bandwidth along seven end-to-end paths. Each path originates at SLAC and ends at different node in various countries.

Our results indicated that both ARIMA and SARIMA models could be used to model available bandwidth along an end-to-end path in the Internet. In addition, SARIMA outperformed ARIMA in forecasting available bandwidth of an Internet path. That is, for five out of seven paths from SLAC to various organizations, SARIMA was more accurate than ARIMA in forecasting available bandwidth along the paths.

TABLE I. COMPARING THE EFFECTIVENESS OF ARIMA MODEL AND SARIMA MODEL IN FORECASTING AVAILABLE BANDWIDTH

Destination	ARIMA(p,d,q) model / SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)[s] model	RMSE
node7.slac.stanford.edu	ARIMA(0,1,16)	22.97679
	SARIMA(2,1,0)(0,0,1)[10]	20.67977
node1.utoronto.ca	ARIMA(1,0,14)	48.73896
	SARIMA(0,1,0)(0,1,0)[10]	46.50891
node1.triumf.ca	ARIMA(1,2,11)	105.972
	SARIMA(0,2,0)(1,0,0)[10]	48.68474
node1.sdsc.edu	ARIMA(1,0,4)	53.80049
	SARIMA(1,0,1)(1,0,0)[10]	31.48011
node1.desy.de	ARIMA(2,0,10)	66.50054
	SARIMA(2,0,0)(1,1,0)[10]	97.45444
iepm-bw.cern.ch	ARIMA(0,1,16)	75.657
	SARIMA(1,0,1)(1,0,0)[10]	68.92994
iepm-bw.caltechu-lorg	ARIMA(2,0,8)	52.37283
	SARIMA(2,0,1)(1,0,0)[10]	53.03283

#### V. CONCLUSION AND FUTURE WORK

We have presented our study of modeling and forecasting available bandwidth along an end-to-end path using time series models. Among various types of time series models, we fitted two models, namely Auto-Regressive Integrated Moving Average (ARIMA) and Seasonal Auto-Regressive Integrated Moving Average (SARIMA). This is since ARIMA is the most general class of models for modeling and forecasting time series. Seasonal ARIMA considers seasonality that might appear in time series. Including SARIMA models in our experiments increases our chance to find a good time series model for each data set.

We have conducted our methodology using available bandwidth data sets published by SLAC. The data were collected during late February to late March in 2009. We found that ARIMA and SARIMA models can be used to models available bandwidth along an end-to-end path. In addition, SARIMA outperforms ARIMA when forecasting available bandwidth along the same path.

We plan to study modeling and forecasting available bandwidth along an end-to-end path using other types of time series models e.g. FARIMA, ARFIMA, SFARIMA, just to name a few.

#### REFERENCES

- [1] Nau, R. (2018, July). *Introduction to ARIMA: nonseasonal models*. Retrieved from Statistical forecasting notes on regression and time series analysis: <https://people.duke.edu/~mdu411/arim.htm>
- [2] The Pennsylvania State University. (2018, July). *4.1 Seasonal ARIMA models*. Retrieved from STAT 510 – Applied Time Series Analysis: <https://onlinecourses.science.psu.edu/stat510/node/67/>
- [3] Stanford University for the U.S. Department of Energy Office of Science. (2018, July). *SLAC WAN Bandwidth Measurement Tests for Monitoring Site IEPM-BW @ SLAC.STANFORD.EDU*. Retrieved from SLAC NATIONAL ACCELERATOR LABORATORY: [http://www.slac.stanford.edu/comp/net/iepm-bw.slac.stanford.edu/slac\\_wan\\_bw\\_tests.html#iepm-bw.caltech.ul-org](http://www.slac.stanford.edu/comp/net/iepm-bw.slac.stanford.edu/slac_wan_bw_tests.html#iepm-bw.caltech.ul-org)
- [4] Puthivaidhya, W., Ghosh, A. P., & Tavanapong, W. (2008, December). Modeling of End-to-End Available Bandwidth in Wide Area Network. *2008 IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications*. Sydney, NSW, Australia: IEEE.
- [5] H. Riiser, T. E. (2011). Video Streaming Using a Location-Based Bandwidth-Lookup Service for Bitrate Planning. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications*.
- [6] Dalimira, R. (2018, July). *Introduction to Forecasting with ARIMA in R*. Retrieved from Oracle + DataScience.com: <https://www.datascience.com/blog/introduction-to-forecasting-with-arima-in-r-learn-data-science-tutorials>

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายเตชินท์ มณีสร
วันเดือนปีเกิด	17 เมษายน พ.ศ. 2537
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2559: วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	2559 - 2560: ทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับ บัณฑิตศึกษาคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2559
ผลงานทางวิชาการ	Techin Maneesorn & Wanida Putthividhya. (2018, 21 – 24 November 2018). Modeling and Forecasting of End-to-End Available Bandwidth in Wide Area Networks. Paper presented at the The 22nd International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC 2018), Kantary Hills Hotel, Chiang Mai, Thailand
ประสบการณ์ทำงาน	สิงหาคม 2563 - ปัจจุบัน Information System Officer (Web & Mobile App) บริษัท เอสไอเอส ดิสทริบิวชั่น จำกัด (มหาชน) สิงหาคม 2559 - กรกฎาคม 2563 Application Developer บริษัท มายด์ โซน จำกัด