การเลือกฟังก์ชันฤดูกาลที่เหมาะสม ในตัวแบบอนุกรมเวลาแบบเบย์ สำหรับวิเคราะห์ราคาและผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย

Choosing Appropriate Seasonal Functions in Bayesian Time Series Models for Analyzing Prices and Yields of Natural Rubber in Thailand

พิษณุ ทองขาว

ภิรมย์ ตั้งจิตเพียรผล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การเลือกฟังก์ชันฤดูกาลที่เหมาะสม ในตัวแบบอนุกรมเวลาแบบเบย์ สำหรับวิเคราะห์ราคาและผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย

Choosing Appropriate Seasonal Functions in Bayesian Time Series Models for Analyzing Prices and Yields of Natural Rubber in Thailand

พิษณุ ทองขาว

ภิรมย์ ตั้งจิตเพียรผล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การเลือกฟังก์ชันฤดูกาลที่เหมาะสม ในตัวแบบอนุกรมเวลาแบบเบย์ สำหรับวิเคราะห์ราคาและผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการสนับสนุน และความช่วยเหลือจากหลายๆ ท่าน คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ อธิการบดี คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ และผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยของอาจารย์มาตั้งแต่เริ่มต้น และขอขอบคุณ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่เผยแพร่ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้ทุนสนับสนุน ในการทำงานวิจัยฉบับนี้

คณะผู้วิจัย

ชื่อเรื่อง : การเลือกฟังก์ชันฤดูกาลที่เหมาะสม ในตัวแบบอนุกรมเวลาแบบเบย์ สำหรับวิเคราะห์ราคาและผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย

ผู้วิจัย : พิษณุ ทองขาว และ ภิรมย์ ตั้งจิตเพียรผล

พ.ศ. : 2561

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาให้มีความแม่นยำมากขึ้นกับข้อมูลที่มีฤดูกาล โดยกับข้อมูลราคา และผลผลิตยางพาราในประเทศไทย และเพื่อเปรียบเทียบตัวแบบที่นำเสนอกับตัวแบบดั้งเดิมที่ยังคงเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ ตัวแบบ Holt-Winters additive exponential smoothing model (Holt-Winters ES) และ ตัวแบบ Seasonal autoregressive integrated moving average model (SARIMA) ตัวแบบที่นำเสนอคือตัวแบบผสมเชิงเส้น ที่มี แนวโน้ม อัตตสัมพันธ์ ค่าผิดปกติ และฤดูกาล รวมอยู่ด้วย ฤดูกาลศึกษาทั้งแบบตัวแปรหุ่น (Dummy variables) และแบบฟูเรียร์ (Fourier) การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ ใช้วิธีการของเบย์ ค่าประมาณราคาและผลผลิตยางพาราเฉลี่ยต่อเดือน ถูกนำไปใช้ในการพยากรณ์ ผลการศึกษาพบว่า ตัวแบบที่ใช้ฟูเรียร์แสดงอิทธิพลของฤดูกาลมีความเหมาะสมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น ตัวแบบ Holt-Winters ES และตัวแบบ SARIMA โดยมีค่า Mean absolute error (MAE) ต่ำที่สุด ทั้งช่วงของข้อมูลที่ใช้สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ และ ช่วงของข้อมูลที่ใช้สำหรับตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบ ตัวแบบที่นำเสนอที่ใช้ฟูเรียร์แสดงอิทธิพลของฤดูกาล จึงควรได้รับการพิจารณานำไปใช้เป็นอันดับแรก

คำสำคัญ: อนุกรมเวลา ตัวแบบผสมเชิงเส้น ราคาและผลผลิตยางพาราของประเทศไทย ฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่นและแบบฟูเรียร์ ตัวแบบเบย์

Title : Choosing Appropriate Seasonal Functions in Bayesian Time Series Models for Analyzing Prices and Yields of Natural Rubber in Thailand
Researcher : Pitsanu Thongkao and Pirom Thangchitpianpol
Year : 2018

Abstract

The objectives of this research were to create a model for time sereries data, prices and yields of natural rubber, to be more accurate prediction and to compare the proposed model with the classical time series models such as the Holt-Winters Additive Exponential smoothing model (Holt-Winters ES) and the seasonal autoregressive integrated moving average model (SARIMA). The proposed model was a linear mixed model (LMM) consisting with trend, autoregression, outliers and sesonal terms. Dummy varialbles and Fourier seasonal effects were studied. Bayesian estimation was used and the estimated prices and yields were used for prediction. The results show that the proposed model with a Fouries seasonal effect is the most appropriated comparing with the dummy seasonal effect, the Holt-Winters ES and the SARIMA, having the least mean absolute values (MAE) both fiting and validating parts. The proposed model with sesaonal dummy variables should be the first consideration for forecasting spatial time series with a seasonal component.

Keywords: Time series, Linear mixed model (LMM), Pices and yields of natural rubber, Dummy varibles for seasonal effects, Fourier seasonal effects, Bayesian model

สารบัญ

เนื้อหา **หน้า**

กิตติกรรมประกาศ ก
บทคัดย่อภาษาไทย ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญภาพ ช
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 3
1.5 สมมติฐานของการวิจัย 3
1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย 3
1.7 คำสำคัญของการวิจัย 4
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.9 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 12
3.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล 12
3.2 ขอบเขตของการวิจัย 12
3.3 ขั้นตอนของการดำเนินการวิจัย 13
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 16
4.1 ราคายางพารา 17
4.2 ผลผลิตยางพารา 25

สารบัญ (ต่อ)

เนื้อหา	หน้า
4.3 การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบที่นำเสนอ	33
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปผลการวิจัย	36
5.2 อภิปรายผลการวิจัย	37
5.3 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก	42
ประวัติผู้วิจัย	75

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ราคายางพารา เฉลี่ยต่อเดือน	18
2	อิทธิพลของฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น ที่มีต่อผลต่อราคายางพารา ในจังหวัดของประเทศไทย	19
3	ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น	20
4	อิทธิพลของฤดูกาลแบบฟูเรียร์ ที่มีต่อผลต่อราคายางพาราในจังหวัด ของประเทศไทย	22
5	ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์	23
6	ผลผลิตยางพารา เฉลี่ยต่อเดือน	26
7	อิทธิพลของฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่นที่มีต่อผลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย	27
8	ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น	28
9	อิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อผลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์	30
10	ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์	31
11	เปรียบเทียบค่า MAE ของข้อมูลราคายางพารา	34
12	เปรียบเทียบค่า MAE ของข้อมูลผลผลิตยางพารา	35

ตารางภาคผนวกที่

1	ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น	43
2	ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์	51
3	ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น	59
4	ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์	67

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ค่าพยากรณ์และค่าข้อมูลดิบของราคายางพารา ที่มีฤดูกาลแบบแบบฟูเรียร์	25
2	ค่าพยากรณ์และค่าข้อมูลดิบของผลผลิตยางพารา ที่มีฤดูกาลแบบแบบฟูเรียร์	33

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้อมูลอนุกรมเวลา คือข้อมูลที่เก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่อง โดยมีช่วงห่างของการเก็บเท่าๆ กัน เช่นเก็บทุกวัน ทุกเดือน หรือทุกปี เป็นต้น ข้อมูลอนุกรมเวลาส่วนใหญ่จะแฝงไปด้วยอิทธิพลจาก แนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) วัฏจักร (Cycle) และเหตุการณ์ผิดปกติ (Irregular Variation) แนวโน้มหมายถึง การเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาในระยะยาวว่าน่าจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลง ฤดูกาลหมายถึง การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของฤดูกาล ซึ่งจะเกิดขึ้นซ้ำๆ กัน ในช่วงเวลาเดียวกันของแต่ละปี วัฏจักรหมายถึง การเคลื่อนไหวของข้อมูลที่มีลักษณะซ้ำๆ กัน คล้ายกับความผันแปรตามฤดูกาลต่างกันที่ระยะเวลาของการเคลื่อนไหวของข้อมูลจะมีระยะเวลานาน กว่าหนึ่งปี ค่าผิดปกติ หมายถึงการเคลื่อนไหวของข้อมูลที่ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ลักษณะของข้อมูลที่ เกิดขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะของเหตุการณ์ที่เราไม่ได้คาดการณ์เอาไว้ล่วงหน้า

ปัจจุบันมีการใช้ตัวแบบหลากหลายวิธีสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้เพื่อที่จะพยากรณ์ให้ ใกล้เคียงและแม่นยำมากที่สุด เช่น วิธีปรับเรียบแบบ Exponential (Exponential Smoothing: EXPS) วิธี Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) และวิธี Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) วิธีจีเนติก อัลกอริธึม (Genetic Algorithms: GA) วิธีตรรกศาสตร์ คลุมเครือ (Fuzzy logic) เป็นต้น นอกจากนี้ Bernardinelli et al. (1995) นำเสนอตัวแบบเบย์ ที่มี อิทธิพลเชิงพื้นที่ และอิทธิพลของแนวโน้ม เป็นอิทธิพลเชิงสุ่มรวมอยู่ด้วย ประยุกต์ใช้กับข้อมูลจำนวน ผู้ป่วยในแต่ละพื้นที่ Conway (2010) นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านอสังหาริมทรัพย์ และ Yelland (2010) นำเสนอตัวแบบเบย์สำหรับพยากรณ์ปริมาณความต้องการชิ้นส่วน อุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ Tongkhow and Kantanantha (2013) นำเสนอตัวแบบการพยากรณ์ที่มี แนวโน้ม ฤดูกาล Auto regression และค่าผิดปกติ รวมอยู่ด้วย โดยให้ แนวโน้ม มีการแจกแจงแบบ Weibull ใช้ตัวแปรหุ่น สำหรับฤดูกาล ใช้ Binary selection สำหรับ ค่าผิดปกติ และ Auto regression แสดง ความสัมพันธ์เชิงเวลา ประยุกต์ใช้กับข้อมูลราคาผักในประเทศไทย และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วย

วิธีการของเบย์ ซึ่งวิธีการของเบย์ สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบที่มีความซับซ้อน ที่วิธีการดั้งเดิม Maximum Likelihood ไม่สามารถประมาณได้ พบว่าตัวแบบที่มีฤดูกาลมีความเหมาะสมมากขึ้น Diaconoa (2012) ศึกษาปริมาณผลผลิตและคุณภาพของข้าวสาลีดูรัม ที่มีการผันแปรเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ โดยใช้วิธีการทางสถิติเชิงภูมิศาสตร์วิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาจากแต่ละพื้นที่ทางภูมิศาสตร์

เนื่องจากยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของไทยและของโลก ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางพาราเป็นอันดับต้นๆ และมีการปลูกมากในประเทศไทยสามารถนำข้อมูลไปใช้วางแผนการผลิต การค้า และด้านอื่นๆ ทั้งในอุตสาหกรรมหลักและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ยางพาราเป็นพืชที่เก็บเกี่ยวตามฤดูกาล ผู้วิจัยจึงสนใจหารูปแบบของอิทธิพลของฤดูกาลที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในตัวแบบของ Tongkhow and Kantanantha (2013) ที่ประกอบด้วย แนวโน้ม อัตตสัมพันธ์ ค่าผิดปกติ และฤดูกาล โดยศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของฟังก์ชันของฤดูกาลแบบฟูเรียร์ (Fourier) เข้ามาในตัวแบบเพื่อให้ได้การวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และ เพื่อให้ได้ตัวแบบที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบพิจารณาจากค่า Mean absolute error (MAE) กับตัวแบบที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบันคือตัวแบบ Holt-Winters ES และ SARIMA

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาให้มีความแม่นยำมากขึ้นกับข้อมูลที่มีฤดูกาล โดยประยุกต์ใช้กับข้อมูลราคา และผลผลิตยางพาราในประเทศไทย

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบตัวแบบที่นำเสนอกับตัวแบบดั้งเดิมที่ยังคงเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร คือข้อมูลราคาและผลผลิตรายเดือน ของยางพาราในประเทศไทยจากสำนักงานสถิติการเกษตร ตัวอย่างคือ ข้อมูลราคาและผลผลิตรายเดือน ของยางพารา ในประเทศไทยปี 2545-2560

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลอนุกรมเวลาคือราคาและผลผลิตยางพาร่ารายเดือนของประเทศไทย 2545-2560 จำนวน 192 เดือน ตัวแบบที่ใช้มีลักษณะดังนี้

ให้ Y_t คือข้อมูลราคาหรือผลผลิตยางพารา แต่ละค่า ณ เวลา t โดยที่ $t=1,2,...,n$ และ $Y_t \sim N\left(\mu_t, \sigma_t^2\right)$ โดยที่

$$\mu_t = Seasonal + \gamma(\Delta W(t \mid \alpha, \delta) + A_t),$$

เมื่อ $\Delta W(t \mid \alpha, \delta) = W(t \mid \alpha, \delta) - W(t-1 \mid \alpha, \delta)$ และ $\sigma_t^2 = \left[\gamma(1+\zeta_t)\sigma\right]^2$ และ γ คือค่าคาดหวังของผลรวมของราคา หรือผลผลิต ช่วงเวลาที่ศึกษา และ $W(t \mid \alpha_i, \delta_i)$ คือฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสมแบบ Weibull และค่า ζ_t คือข้อมูลผิดปกติแต่ละตัว โดยที่ ฤดูกาล (Seasonal) มีทั้งแบบตัวแปรหุ่น และแบบฟูเรียร์ การประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้การประมาณค่าแบบเบย์

ประสิทธิภาพของตัวแบบพิจาณาจากค่าพยากรณ์ผิดพลาดเปรียบเทียบกับตัวแบบ Holt-Winters Additive Exponential Smoothing เกณฑ์ที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบคือ ค่า Mean Absolute Error (MAE) ตัวแบบที่มีค่า MAE น้อยกว่า เป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

1.5 สมมติฐานของการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัยคือ แนวโน้ม อัตตสัมพันธ์ ค่าผิดปกติ และฤดูกาล มีอิทธิพลต่อราคาและผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย

1.6 กรอบแนวคิดในการวิจัย

งานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาและสร้างตัวแบบเพื่อใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความผันผวน มีค่าอัตตสหสัมพันธ์ ค่าแนวโน้ม และมีค่าผิดปกติ และการเลือกฟังก์ชันสำหรับฤดูกาลที่เหมาะสม หลังจากนั้นจะทำการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ โดยพิจารณาจากค่าความผิดพลาดในการพยากรณ์ ตัวแบบถูกนำไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลราคา และผลผลิตของยางพารา ในประเทศไทย

1.7 คำสำคัญของการวิจัย

อนุกรมเวลา ตัวแบบผสมเชิงเส้น ราคาและผลผลิตยางพาราของประเทศไทย ฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่นและแบบฟูเรียร์ ตัวแบบเบย์

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 ได้ตัวแบบการวิเคราะห์ และพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความเหมาะสมกับราคาผลผลิตของยางพาราในประเทศไทย ที่ตรงกับสภาพความเป็นจริงให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

1.8.2 เพื่อเป็นการสร้างองค์ความรู้ใหม่สำหรับวิเคราะห์ขั้นสูงกับปัญหาของข้อมูลที่มีความซับซ้อน และนำไปเผยแพร่เทคโนโลยีให้กับองค์กรต่างๆได้

1.8.3 สามารถใช้หลักการจำลองสถานการณ์เชิงสโตแคสติกสำหรับการวิเคราะห์เชิงลึกในตัวแบบที่มีความซับซ้อนซึ่งเหมือนกับสภาพความเป็นจริง

1.8.4 เป็นแนวทางในการจำลองสถานการณ์ในตัวแบบอื่นๆได้ และไม่จำเป็นต้องตัวแบบด้านการพยากรณ์เท่านั้น แต่ยังสามารถนำหลักการนี้ไปใช้ในการประมาณค่าตัวแปรในตัวแบบทางด้านการวิจัยดำเนินงานเพื่อหาค่าเหมาะที่สุดได้เช่นกัน

1.8.5 ค่าพารามิเตอร์ และค่าพยากรณ์ที่ได้สามารถนำไปใช้สำหรับวางแผนและตัดสินใจต่างๆได้ เช่นการวางแผนการตัดสินใจที่ได้จากข้อมูลการพยากรณ์ราคา และผลผลิตของยางพาราในประเทศไทย

1.8.6 นำตัวแบบการวิเคราะห์ และพยากรณ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ และพยากรณ์ด้านอื่นๆได้

1.8.7 ใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาตัวแบบต่อไป

1.9 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.9.1 ผลผลิตยางพารา หมายถึงน้ำยางพาราสดที่ได้จากการกรีดยางพารา

1.9.2 ราคายางพารา หมายถึงราคาน้ำยางพาราสดต่อกิโลกรัมที่ได้จากการกรีดยางพารา

1.9.3 ข้อมูลอนุกรมเวลา หมายถึงข้อมูลที่จัดเก็บอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงเวลาของการจัดเก็บมีระยะห่างเท่ากัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการทำวิจัยเรื่อง การเลือกฟังก์ชันฤดูกาลที่เหมาะสมในตัวแบบอนุกรมเวลาแบบเบย์สำหรับวิเคราะห์ราคาและผลผลิตยางพาราในประเทศไทย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตัวแบบผสมเชิงเส้น (Linear mixed model หรือ LMM)

2.1.2 ฤดูกาลแบบฟูเรียร์ (Fourier)

2.1.3 ฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น (Dummy variables)

2.1.4 ตัวแบบเบย์ (Bayesian model)

2.1.5 ตัวแบบที่ Tongkhow and Kantanantha (2013) นำเสนอ

2.1.6 ยางพาราไทย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ตัวแบบผสมเชิงเส้น (Linear mixed model หรือ LMM)

West et al. (2007) อธิบายตัวแบบตัวแบบผสมเชิงเส้น (LMM) สรุปได้ดังนี้ กำหนดการแจกแจงแบบมีเงื่อนไขของเวกเตอร์ของตัวแปรตาม $\mathbf{y}$ เมื่อกำหนดค่าเวกเตอร์ของตัวแปรสุ่ม $\mathbf{b}$ ที่แสดงอิทธิพลเชิงสุ่มที่มีอิทธิพลต่อเวกเตอร์ของตัวแปร $\mathbf{y}$ แทนด้วย $\mathbf{y}|\mathbf{b}$ ให้ $i=1,...,m$, $j=1,...,n_i$ และ $y_{ij}|\mathbf{b} \overset{\text{iid}}{\sim} N(\mu_{ij},\sigma^2)$ ค่าคาดหวังคือ $E(y_{ij}|\mathbf{b})=\mu_{ij}$ โดยที่ $\mu_{ij}=\mathbf{x}_{ij}{}^T\boldsymbol{\beta}+\mathbf{z}_{ij}{}^T\mathbf{b}$, เมื่อ $\mathbf{x}_{ij}{}^T$ คือสมาชิกในแถวที่ i ของเมตริกซ์ปัจจัยคงที่ (Fixed effects) $\boldsymbol{\beta}$ คือเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ที่เป็นค่าคงที่ $\mathbf{z}_{ij}{}^T$ คือสมาชิกในแถวที่ i ของเมตริกซ์ปัจจัยเชิงสุ่ม (Radom effects) $\mathbf{b}$ คือเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรสุ่ม μ_{ij} คือค่าคาดหวัง หรือค่าเฉลี่ยของการแจกแจงแบบมีเงื่อนไขของ $y_{ij}|\mathbf{b}$ เนื่องจาก $\mathbf{b}$ เป็นตัวแสุ่มจึงต้องกำหนดรูปแบบของการแจกแจงให้ $\mathbf{b}$ ด้วย โดยทั่วไปจะ

กำหนดการแจกแจงของ $\mathbf{b}$ เป็น $\mathbf{b} \sim \mathrm{N}(\mathbf{0}, \mathbf{B})$ ค่าความแปรปรวนของ $y_{ij} \mid \mathbf{b}$ คือ $\mathrm{var}(y_{ij} \mid \mathbf{b}) = \sigma^2$ ซึ่งมีค่าคงที่

2.1.2 ฤดูกาลแบบฟูเรียร์ (Fourier)

ฟังก์ชันคาบ (Periodic function) ที่มีขนาดคาบเท่ากับ m สามารถประมาณค่าได้โดยใช้อนุกรมฟูเรียร์ (Fourier) ดังนี้

$$f(t) \approx \sum_{k=1}^{K} \left\{ \sin\left(\frac{2\pi kt}{m}\right) + \cos\left(\frac{2\pi kt}{m}\right) \right\}$$

ค่าประมาณของฟังก์ชันจะถูกต้องมากขึ้นเมื่อ K มีขนาดใหญ่ เมื่อนำอนุกรมฟูเรียร์มาประยุกต์ใช้แสดงอิทธิพลของฤดูกาลในตัวแบบการถดถอย (Regression) สามารถเขียนอยู่ในรูปแบบดังนี้

$$Y_t = \sum_{k=1}^{K} \left\{ \alpha_k \sin\left(\frac{2\pi kt}{m}\right) + \beta_k \cos\left(\frac{2\pi kt}{m}\right) \right\}$$

และเมื่อให้ $K = 1$ จะได้ $Y_t = \alpha \sin\left(\frac{2\pi t}{m}\right) + \beta \cos\left(\frac{2\pi t}{m}\right)$ ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยกำหนดให้ขนาดคาบ $m = 12$ เดือน

2.1.3 ฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น (Dummy variables)

สำหรับฤดูกาลที่มีจำนวนคาบขนาด 12 เดือน กำหนดให้ $D_1, D_2, ..., D_{11}$ เป็นตัวแปรหุ่นในตัวแบบสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่เป็นข้อมูลรายเดือน ตัวแปรหุ่นในตัวแบบการถดถอย (Regression) สามารถเขียนอยู่ในรูปแบบดังนี้

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 D_{1t} + \beta_2 D_{2t} + ... + \beta_{11} D_{11t}$$

D_{1t} =1 เมื่อ t =เดือนมกราคม และ D_{1t} =0 เมื่อ t =เดือนอื่นๆ

D_{2t} =1 เมื่อ t =กุมภาพันธ์ และ D_{1t} =0 เมื่อ t =เดือนอื่นๆ

.

.

.

D_{11t} =1 เมื่อ t =พฤศจิกายน และ D_{1t} =0 เมื่อ t =เดือนอื่นๆ

และ $D_{1t}=0, D_{2t}=0, ..., D_{11t}=0$ เมื่อ t =ธันวาคม เป็นเดือนที่ใช้อ้างอิง (Reference month)

2.1.4 ตัวแบบเบย์ (Bayesian model)

Congdon (2006) อธิบายตัวแบบเบย์ไว้ สรุปได้ดังนี้ กำหนดให้ $\mathbf{y}$ เป็นเวกเตอร์ของค่าสังเกต $\mathbf{y}=(y_1,...,y_m)$ และ $\boldsymbol{\theta}$ เป็นเวกเตอร์ของพารามิเตอร์ $\boldsymbol{\theta}=(\theta_1,...,\theta_k)$ ซึ่งไม่ทราบค่า กำหนดให้ $\mathrm{f}(\mathbf{y}\,|\,\boldsymbol{\theta})$ แทนฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของ $\mathbf{y}$ เมื่อกำหนด $\boldsymbol{\theta}$ ให้ และ $\boldsymbol{\pi}(\boldsymbol{\theta})$ คือ ฟังก์ชันการแจกแจงเบื้องต้น (prior) ของ $\boldsymbol{\theta}$ ฟังก์ชันโพสทีเรีย (posterior) ของ $\boldsymbol{\theta}$ คือ

$$\boldsymbol{\pi}(\boldsymbol{\theta}\,|\,\mathbf{y})=\frac{\mathrm{f}(\mathbf{y}\,|\,\boldsymbol{\theta})\boldsymbol{\pi}(\boldsymbol{\theta})}{\int \mathrm{f}(\mathbf{y}\,|\,\boldsymbol{\theta})\boldsymbol{\pi}(\boldsymbol{\theta})\mathrm{d}\boldsymbol{\theta}}.$$

เป้าหมายของการอนุมานแบบเบย์คือ การสร้างฟังก์ชันโพสทีเรีย เพื่อใช้สำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ ตัวอย่างเช่น ค่าเฉลี่ยของ θ เมื่อกำหนดค่า $\mathbf{y}$ หรือ $\mathrm{E}(\theta\,|\,\mathbf{y})$ หาได้จาก

$$\begin{aligned}\mathrm{E}(\theta\,|\,\mathbf{y}) &= \int \theta\boldsymbol{\pi}(\theta\,|\,\mathbf{y})\mathrm{d}\theta \\ &= \frac{\int \theta \mathrm{f}(\mathbf{y}\,|\,\theta)\boldsymbol{\pi}(\theta)\mathrm{d}\theta}{\int \mathrm{f}(\mathbf{y}\,|\,\theta)\boldsymbol{\pi}(\theta)\mathrm{d}\theta}.\end{aligned}$$

และสามารถหาค่าความแปรปรวนของ θ เมื่อกำหนดรู้ค่า $\mathbf{y}$ หรือ $\mathrm{var}(\theta\,|\,\mathbf{y})$ ได้เช่นเดียวกัน สำหรับตัวแบบผสมเชิงเส้น (LMM) ภายใต้โครงสร้างของเบย์ ต้องสมมติการแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมของ $\boldsymbol{\beta}$ และ $\mathbf{D}$ และเมตริกซ์ของความแปรปรวนร่วม (covariance matrix) ของ $\mathbf{b}$ ตัวอย่างเช่น สมมติให้ ฟังก์ชันการแจกแจงเบื้องต้นของ $\boldsymbol{\beta}$ และ $\mathbf{D}$ เป็นค่าคงที่ นั่นคือ $\boldsymbol{\pi}(\boldsymbol{\beta},\mathbf{D})\propto$ ค่าคงที่ เป้าหมายของการอนุมานแบบเบย์คือการสร้าง ฟังก์ชันโพสทีเรียของ $\boldsymbol{\beta}$, $\mathbf{D}$ และ

$\mathbf{b}$ สมมติให้ $(\boldsymbol{\beta}, \mathbf{D})$ มีฟังก์ชันการแจกแจงเบื้องต้นเป็น $\pi(\boldsymbol{\beta}, \mathbf{D})$ ฟังก์ชันโพสทีเรียของ $\boldsymbol{\beta}$ และ $\mathbf{D}$ คือ

$$\pi(\boldsymbol{\beta}, \mathbf{D} \mid \mathbf{y}) = \frac{\prod_{i=1}^{m} \int \mathrm{f}(y_i \mid \boldsymbol{\beta}, b_i) \mathrm{f}(b_i \mid \mathbf{D}) \pi(\boldsymbol{\beta}, \mathbf{D}) \mathrm{d}b_i}{\int \prod_{i=1}^{m} \int \mathrm{f}(y_i \mid \boldsymbol{\beta}, b_i) \mathrm{f}(b_i \mid \mathbf{D}) \pi(\beta, \mathbf{D}) \mathrm{d}b_i \mathrm{d}\boldsymbol{\beta} \mathrm{d}\mathbf{D}}$$

เมื่อ $\mathbf{y} = [y_i],\ i = 1, ..., m$ และ $\mathrm{f}(y_i \mid \boldsymbol{\beta}, b_i)$ คือการแจกแจงแบบมีเงื่อนไขของ y_i เมื่อกำนดค่า $\boldsymbol{\beta}$ และ b_i โดยที่

$$\mathrm{f}(\mathbf{b} \mid \mathbf{D}) = \frac{1}{(2\pi)^{d/2} \mid \mathbf{D} \mid^{1/2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \mathbf{b}^T \mathbf{D}^{-1} \mathbf{b} \right)$$

ถ้าสมมติให้ $\pi(\boldsymbol{\beta}, \mathbf{D})$ เป็นค่าคงที่ ฟังก์ชันโพสทีเรียของ b_i คือ

$$\mathrm{f}(b_i \mid \mathbf{y}) = \frac{\prod_{i=1}^{m} \mathrm{f}(y_i \mid \boldsymbol{\beta}, b_i) \mathrm{f}(b_i \mid \mathbf{D}) \pi(\boldsymbol{\beta}, \mathbf{D}) \mathrm{d}\boldsymbol{\beta} d\mathbf{D}}{\int \prod_{i=1}^{m} \int \mathrm{f}(y_i \mid \boldsymbol{\beta}, b_i) \mathrm{f}(b_i \mid \mathbf{D}) \pi(\beta, \mathbf{D}) \mathrm{d}b_i \mathrm{d}\boldsymbol{\beta} \mathrm{d}\mathbf{D}}$$

การคำนวณค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันโพสทีเรียโดยตรงทำได้ยาก เนื่องจากปัญหาการอินทิกรัล จึงแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการของ มาร์คอฟ เชน มอนติ คาร์โล Markov Chain Monte Carlo (MCMC) วิธีการ MCMC ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ (Gibbs sampling) วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ (Casella and George,1992) มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนด $t = 0$ และกำหนดค่าเริ่มต้นให้ $\boldsymbol{\theta}^0 = (\theta^0{}_1, ..., \theta_k{}^0)$.

2) สุ่มค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวใน $\boldsymbol{\theta}$ ดังนี้

สุ่มค่า $\theta_1^{(t+1)}$ จาก $\pi(\theta_1 \mid \theta_2^{(t)}, ..., \theta_k^{(t)}, \mathbf{y})$

สุ่มค่า $\theta_2^{(t+1)}$ จาก $\pi(\theta_2 \mid \theta_1^{(t+1)}, \theta_3^{(t)} ..., \theta_k^{(t)}, \mathbf{y})$

...

สุ่มค่า $\theta_k^{(t+1)}$ จาก $\pi(\theta_k \mid \theta_1^{(t+1)}, \theta_3^{(t+1)} ..., \theta_k^{(t+1)}, \mathbf{y})$

3) ให้ $t = t + 1$. ถ้า $t < T$ เมื่อ T คือจำนวนตัวอย่างที่ต้องการ ให้กลับไปทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 แต่ถ้า $t = T$ ให้หยุดทำการสุ่มตัวอย่าง

4) นำค่า $(\theta^0{}_1,...,\theta_k{}^0)$ ที่หาได้ในแต่ละตัวอย่าง มาหาค่าเฉลี่ย จะได้ค่าประมาณของพารามิเตอร์แต่ละตัว

2.1.5 ตัวแบบที่ Tongkhow and Kantanantha (2013) นำเสนอ

ตัวแบบที่ Tongkhow and Kantanantha (2013) นำเสนอ กำหนดให้ฤดูกาลเป็นแบบตัวแปรหุ่น มีรายละเอียดดังนี้

ให้ Y_t คือข้อมูลอนุกรมเวลาแต่ละค่า ณ เวลา t โดยที่ $t=1,2,...,n$ และ $Y_t \sim N\left(\mu_t,\sigma_t^2\right)$ โดยที่

$$\begin{aligned}\mu_t = {} & \beta_1 * Jan + \beta_2 * Feb + \beta_3 * Mar + \beta_4 * Apr + \\ & \beta_5 * May + \beta_6 * Jun + \beta_7 * Jul + \beta_8 * Aug + \\ & \beta_9 * Sep + \beta_{10} * Oct + \beta_{11} * Dec + \\ & + \gamma(\Delta W(t\,|\,\alpha,\delta) + A_t)\end{aligned},$$

เมื่อ $\Delta W(t\,|\,\alpha,\delta) = W(t\,|\,\alpha,\delta) - W(t-1\,|\,\alpha,\delta)$ และ $\sigma_t{}^2 = \left[\gamma(1+\zeta_t)\sigma\right]^2$ และ γ คือค่าคาดหวังของผลรวมของราคา หรือ ผลผลิต ช่วงเวลาที่ศึกษา และ $W(t\,|\,\alpha_i,\delta_i)$ คือฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสมแบบ Weibull และค่า ζ_t คือข้อมูลผิดปกติแต่ละตัว

2.1.6 ยางพาราไทย

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย (2556) รายงานธุรกิจยางพาราในภาคใต้ไว้ดังนี้ ยางพารา เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศทั้งในแง่การจ้างงานและการส่งออก โดยเกิดการจ้างงานแก่เกษตรกรกว่า 6 ล้านคน และนับเป็นสินค้าส่งออก 1 ใน 10 ของสินค้าส่งออกที่สำคัญ ของไทย ที่สามารถสร้างรายได้เข้าประเทศกว่า 8,746 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ในปี 2555 ประกอบกับไทยมีศักยภาพด้านการเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก ซึ่งแหล่งปลูกยางพาราที่สำคัญของไทยคือ ภาคใต้ เนื่องจากทำเลที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น สภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการปลูกยางพารามากกว่าภาคอื่นๆ ในประเทศ ทั้งดิน ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ความเร็วลม เป็นต้น ตลอดจนรัฐบาลมีโครงการพัฒนาศักยภาพสถาบันเกษตรกรเพื่อรักษาเสถียรภาพราคายาง และยุทธศาสตร์พัฒนายางพารา โดยสนับสนุนการขยายเนื้อที่ปลูกยางพารา ทำให้เนื้อที่ปลูกยางพารา ของไทยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อ

รองรับแนวโน้มความต้องการใช้ยางพาราภายในประเทศและต่างประเทศที่เพิ่มขึ้น อันเป็นแรงขับเคลื่อนในการรองรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่สำคัญต่างๆ ตามมา เช่น ยางยานพาหนะ ถุงมือยาง ผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้ทางเภสัชกรรม หลอดและท่อ เป็นต้น จึงนับว่ายางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพของไทย

เมื่อพิจารณาสภาพภูมิประเทศเป็นรายภาคของประเทศไทย พบว่า ภาคใต้มีศักยภาพในการปลูกยางพาราสูงสุด โดยในปี 2555 ภาคใต้มีเนื้อที่กรีดยางทั้ง สิ้น 9.9 ล้านไร่ (หรือคิดเป็นร้อยละ 72 ของเนื้อที่กรีดทั้งประเทศ) และผลผลิตทั้งสิ้น 2.7 ล้านตัน (หรือคิดเป็นร้อยละ 75 ของผลผลิตทั้งหมด) ทั้งนี้ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร คาดว่าในปี 2556 ภาคใต้จะมีเนื้อที่กรีดยางเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.3 และผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.7 เนื่องจากปริมาณน้ำฝนเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโต (ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ย 2,000-2,700 มิลลิเมตร) เกษตรกรดูแล และบำรุงรักษาต้นยางพาราเป็นอย่างดี ตลอดจนจำนวนวันกรีดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นปัจจัยหนุนเพื่อสร้างโอกาสด้านการค้าและสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับยางพารา และเป็นการสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร ชาวสวนยางเพิ่มขึ้นด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kosanan and Kantanantha (2014) นำเสนอตัวแบบที่ใช้พยากรณ์ผลผลิตยางพาราในประเทศไทย ได้แก่ตัวแบบ Autoregressive integrated moving average (ARIMA), Artificial neural network (ANN) และ Support vector machine (SVM) และพบว่าตัวแบบ ANN ให้ค่า Mean absoulute errror (MAE) ต่ำที่สุด Pallawala and Jayasundara (2013) พยากรณ์มูลค่าในอนาคตของผลผลิตยางพาราในประเทศศรีลังกา โดยใช้ตัวแบบ SARIMA

Kahforoushan, Zarif and Mashahir (2010) ศึกษาการพยากรณ์ผลผลิตทางด้านการเกษตร ซึ่งได้แก่ การปลูกพืช การเลี้ยงสัตว์ การประมง และการปลูกป่า โดยใช้วิธีการพยากรณ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีปรับเรียบเอ็กโปเนนเชียลโดยวิธี Holt-Winters แบบไม่มีฤดูกาล (Holt-Winters (no seasonal) Exponential Smooting Model) วิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Model) วิธีโครงข่ายปราสาทเทียม (Artificial Neural Network Model) และ วิธีARIMA (ARIMA Model) และใช้ ค่า MAE MSE และMAPE เปรียบเทียบผลการพยากรณ์แต่ละวิธี

Chawla and Jha (2009) นำเสนอตัวแบบที่ใช้พยากรณ์ผลผลิตยางพาราในประเทศอินเดีย ได้แก่ตัวแบบ Trend Method, Holt's Method, Winter's Method และARIMA Model และพบว่า Winter's Method ให้ค่า (Mean absolute percentage error หรือ MAPE) ต่ำที่สุด Sumer et al. (2009) ศึกษาการใช้ตัวแบบ ARIMA, SARIMA และ ตัวแบการถดถอย (Regression Model) ที่มีฤดูกาล (Seasonal) เป็นตัวแปรซ่อนเร้น (Latent variable) ในการพยากรณ์ ปริมาณความต้องการกระแสไฟฟ้าพบว่าตัวแบการถดถอยที่มีฤดูกาลเป็นตัวแปรซ่อนเร้นพยากรณ์ได้แม่นยำกว่า ARIMA และ SARIMA

Mendoza and de Alba (2006) ศึกษาการวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธีเบย์เมื่อมีข้อมูลจำนวนน้อย ค่าที่พยากรณ์เป็นค่าสะสมของตัวแปรต่อเนื่องที่เป็นค่าบวกโดยทราบค่าสะสมของข้อมูลมาส่วนหนึ่งแล้ว ตัวแบบที่ถูกนำเสนอเป็นการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่ารวมทั้งหมดกับค่ารวมมาแล้วบางส่วนของตัวแปรภายใต้อิทธิพลของฤดูกาลแบบคงที่ (stable seasonality) ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบที่นำเสนอเหมาะสมเมื่อมีข้อมูลจำนวนน้อย และตัวแบบมาตรฐานทั่วไปไม่เหมาะสม Iqbal et al. (2005) ใช้ตัวแบบ Autoregressive integrated moving average (ARIMA) สำหรับ พยากรณ์ผลผลิตและพื้นที่เพราะปลูกข้าวสาลีในประเทศปากีสถานเพื่อใช้เป็นข้อมูลให้กับรัฐบาลในการกำหนดนโยบาย Mishra and Desai (2005) ใช้ตัวแบบ Seasonal autoregressive integrated moving average (SARIMA) ในการพยากรณ์ภัยแล้ง (Drought) โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาเป็นค่าดัชนีมาตรฐานของหยาดน้ำที่ตกมาจากชั้นบรรยากาศ (Precipitation)

Congdon (2003) ได้ทำการศึกษาวิจัยโดยอธิบายการเลือกตัวแบบ a binary selection เพื่อที่จะสะกดตามข้อมูลที่ผิดปกติ หรือ Outlier โดยใช้วิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบเบย์เซียน ผลที่ได้คือมีค่าผิดพลาดต่ำที่สุดกับข้อมูลอนุกรมเวลาต่างๆที่เขาทดลอง Yelland (2010)ได้เสนอตัวแบบการพยากรณ์โดยใช้วิธีเบย์ เพื่อพยากรณ์ปริมาณความต้องการซื้อชิ้นส่วนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบมาตรฐานอื่นๆ ได้แก่ Exponential smoothing (ExpS) และ Judgmental Methods (Judg) พบว่าวิธี เบย์ มีความเหมาะสมมากกว่า Tongkhow and Kantanantha (2013) ขยายตัวแบบของ Yelland (2010) ประยุกต์ใช้กับข้อมูลราคาผัก ในประเทศไทย โดยเพิ่มอิทธิพลของฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) เข้าไปในตัวแบบ และประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการของเบย์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับการทำงานวิจัยเรื่อง การเลือกฟังก์ชันฤดูกาลที่เหมาะสมในตัวแบบอนุกรมเวลาแบบเบย์สำหรับวิเคราะห์ราคาและผลผลิตยางพาราในประเทศไทย ผู้วิจัยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล
3.2 ขอบเขตของการวิจัย
3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล

ข้อมูลอนุกรมเวลา ราคาและผลผลิตยางพารารายเดือนของประเทศไทย 2545-2560 จำนวน 192 เดือน ได้จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์(สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ข้อมูล 180 เดือนแรก ใช้สำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ ที่เหลืออีก 12 เดือนสุดท้าย ใช้สำหรับทดสอบความแม่นยำของตัวแบบ ประสิทธิภาพของตัวแบบพิจาณาจากค่าพยากรณ์ผิดพลาดเปรียบเทียบกับตัวแบบ Holt-Winters Additive Exponential Smoothing เกณฑ์ที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบคือ ค่า Mean Absolute Error (MAE) ตัวแบบที่มีค่า MAE น้อยกว่า เป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่า

3.2 ขอบเขตของการวิจัย

3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ราคาและผลผลิตยางพารารายเดือนของประเทศไทย กลุ่มตัวอย่าง คือ ราคายางพาราผลผลิตยางพารารายเดือน ปี 2545 ถึงปี 2560 ของประเทศไทย

3.2.2 ตัวแปรสำหรับการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ แนวโน้ม อัตตสัมพันธ์ ค่าผิดปกติ และฤดูกาล ตัวแปรตาม คือ ราคา และ ผลผลิตยางพารารายเดือนของประเทศไทย

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.3.1 ศึกษาหัวเรื่อง ต่อไปนี้

3.3.1.1 ราคาและผลผลิตยางพาราไทย

3.3.1.2 ตัวแบบ ผสมเชิงเส้น ซึ่งเป็นตัวแบบที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ตัวแปรตามมีความสัมพันธ์กัน

3.3.1.3 การประมาณค่าด้วยวิธีการของเบย์

3.3.1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้ตัวแบบ ผสมเชิงเส้น และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องยางพารา

3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.3.2.1 การวิเคราะห์ลักษณะทั่วไปของข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ศึกษา ใช้ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา ราคาและผลผลิตยางพารา ใช้วิธีการของเบย์ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ รายละเอียดตัวแบบที่นำเสนอแสดงดังต่อไปนี้

1) เมื่อฤดูกาลเป็นแบบตัวแปรหุ่น

ให้ Y_t คือข้อมูลราคาหรือผลผลิตยางพารา แต่ละค่า ณ เวลา t โดยที่ $t = 1, 2, ..., n$ และ $Y_t \sim N\left(\mu_t, \sigma_t^2\right)$ โดยที่

$$\begin{aligned}\mu_t = {} & \beta_1 * Jan + \beta_2 * Feb + \beta_3 * Mar + \beta_4 * Apr + \\ & \beta_5 * May + \beta_6 * Jun + \beta_7 * Jul + \beta_8 * Aug + \\ & \beta_9 * Sep + \beta_{10} * Oct + \beta_{11} * Dec + \\ & + \gamma(\Delta W(t \mid \alpha, \delta) + A_t)\end{aligned},$$

เมื่อ $\Delta W(t\,|\,\alpha,\delta)=W(t\,|\,\alpha,\delta)-W(t-1\,|\,\alpha,\delta)$ และ $\sigma_t^{\,2}=\left[\gamma(1+\zeta_t)\sigma\right]^2$ และ γ คือค่าคาดหวังของผลรวมของราคา หรือผลผลิต ช่วงเวลาที่ศึกษา และ $W(t\,|\,\alpha_i,\delta_i)$ คือฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสมแบบ Weibull และค่า ζ_t คือข้อมูลผิดปกติแต่ละตัว

การประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้การประมาณค่าแบบเบย์ โดยกำหนดให้พารามิเตอร์แต่ละตัวมีการแจกแจงดังนี้

$$p(\sigma^2)\sim Gamma(0.1,0.001)$$
$$\zeta_t\sim \text{Bern}(0.05)$$
$$\gamma\sim N_{[0,\infty)}(\mu_\gamma,\sigma_\gamma^{\,2})$$
$$p(\sigma_\gamma^{\,2})\sim \text{Gamma}(0.1,0.001)$$
$$\mu_\gamma\sim N(0,0.00001)$$
$$W\left(t\,|\,\alpha,\delta\right)$$
$$\alpha\sim N_{[0,\infty)}(\mu_\alpha,\sigma_\alpha^{\,2})$$
$$p(\mu_\alpha)\sim N(0,0.00001)$$
$$p(\sigma_\alpha^{\,2})\sim \text{Gamma}(0.1,0.001)$$
$$\delta\sim N_{[0,\infty)}(\mu_\delta,\sigma_\delta^{\,2})$$
$$p\left(\mu_\delta\right)\sim N\left(0,0.00001\right)$$
$$p(\sigma_\delta^{\,2})\sim \text{Gamma}(0.1,0.001)$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์ ใช้การประมาณแบบเบย์ โดยการเขียนโปรแกรมใน OpenBUGS และ R ซึ่งใช้ Gibbs sampling MCMC ในการประมาณค่าพารามิเตอร์

2) เมื่อฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์

เมื่อฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์ ตัวแบบที่นำเสนอมีรูปแบบดังนี้

$$\mu_t=\beta_1*\sin\left(\frac{2\pi t}{12}\right)+\beta_2*\cos\left(\frac{2\pi t}{12}\right)+\gamma(\Delta W(t\,|\,\alpha,\delta)+A_t)$$

เมื่อ $\Delta W(t\,|\,\alpha,\delta)=W(t\,|\,\alpha,\delta)-W(t-1\,|\,\alpha,\delta)$ และ $\sigma_t^{\,2}=\left[\gamma(1+\zeta_t)\sigma\right]^2$ และ γ คือค่าคาดหวังของผลรวมของราคา หรือผลผลิต ช่วงเวลาที่ศึกษา และ $W(t\,|\,\alpha_i,\delta_i)$ คือฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นสะสมแบบ Weibull และค่า ζ_t คือข้อมูลผิดปกติแต่ละตัว

การประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้การประมาณค่าแบบเบย์ โดยกำหนดให้พารามิเตอร์แต่ละตัวมีการแจกแจงดังนี้

$$p(\sigma^2)\sim Gamma(0.1,0.001)$$
$$\zeta_t\sim \text{Bern}(0.05)$$
$$\gamma\sim N_{[0,\infty)}(\mu_\gamma,\sigma_\gamma^{\,2})$$
$$p(\sigma_\gamma^{\,2})\sim \text{Gamma}(0.1,0.001)$$
$$\mu_\gamma\sim N(0,0.00001)$$
$$W\left(t\,|\,\alpha,\delta\right)$$
$$\alpha\sim N_{[0,\infty)}(\mu_\alpha,\sigma_\alpha^{\,2})$$
$$p(\mu_\alpha)\sim N(0,0.00001)$$
$$p(\sigma_\alpha^{\,2})\sim \text{Gamma}(0.1,0.001)$$
$$\delta\sim N_{[0,\infty)}(\mu_\delta,\sigma_\delta^{\,2})$$
$$p\left(\mu_\delta\right)\sim N\left(0,0.00001\right)$$
$$p(\sigma_\delta^{\,2})\sim \text{Gamma}(0.1,0.001)$$

การประมาณค่าพารามิเตอร์ ใช้การประมาณแบบเบย์ โดยการเขียนโปรแกรมใน OpenBUGS และ R ซึ่งใช้ Gibbs sampling MCMC ในการประมาณค่าพารามิเตอร์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการทำงานวิจัยเรื่อง การเลือกฟังก์ชันฤดูกาลที่เหมาะสมในตัวแบบอนุกรมเวลาแบบเบย์สำหรับวิเคราะห์ราคาและผลผลิตยางพาราในประเทศไทย มีจุดประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาให้มีความแม่นยำมากขึ้นกับข้อมูลที่มีฤดูกาล โดยประยุกต์ใช้กับข้อมูลราคา และผลผลิตยางพาราในประเทศไทย และเพื่อเปรียบเทียบตัวแบบที่นำเสนอกับตัวแบบดั้งเดิมที่ยังคงเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน

ตัวแบบที่นำเสนอเป็นตัวแบบผสมเชิงเส้นที่มี แนวโน้ม อัตตสัมพันธ์ ค่าผิดปกติ และฤดูกาลรวมอยู่ด้วย และเปรียบเทียบตัวแบบที่นำเสนอกับตัวแบบที่ใช้อยู่ทั่วไป คือ ตัวแบบ Holt-Winters ES และตัวแบบ SARIMA ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ ผลผลิตยางพารารายรายเดือน ในประเทศไทย ระหว่างปี 2545–2560 รวม 192 เดือน รวบรวมจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยข้อมูล 180 เดือนแรกใช้สำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ และ 12 เดือนหลังใช้สำหรับทดสอบความแม่นยำของตัวแบบ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงได้ดังรายละเอียดในแต่ละข้อต่อไปนี้

4.1 ราคายางพารา

- 4.1.1 ลักษณะทั่วไปของข้อมูลราคายางที่ใช้ศึกษา
- 4.1.2 อิทธิพลของฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น ที่มีต่อผลต่อราคายางพาราในจังหวัดของประเทศไทย
- 4.1.3 ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น
- 4.1.4 อิทธิพลของฤดูกาลแบบฟูเรียร์ ที่มีต่อผลต่อราคายางพาราในจังหวัดของประเทศไทย
- 4.1.5 ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

4.2 ผลผลิตยางพารา

- 4.2.1 ลักษณะทั่วไปของข้อมูลผลผลิตยางพาราที่ใช้ศึกษา
- 4.2.2 อิทธิพลของฤดูกาล แบบตัวแปรหุ่นที่มีต่อผลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย

4.2.3 ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น

4.2.4 อิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อผลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

4.2.5 ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

4.3 การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบที่นำเสนอ

4.1 ราคายางพารา

4.1.1 ลักษณะทั่วไปของข้อมูลราคายางพาราที่ใช้ศึกษา

ราคายางพาราเฉลี่ยต่อเดือนแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ราคายางพารา เฉลี่ยต่อเดือน

ยางพารา	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ราคา (บาท)	63.97	25.98

จากตารางที่ 1 ราคาเฉลี่ยต่อเดือนยางพารามีค่าเท่ากับ 63.97 บาท

4.1.2 อิทธิพลของฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น ที่มีต่อผลต่อราคายางพาราในจังหวัดของประเทศไทย

อิทธิพลของฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น ที่มีต่อผลต่อราคายางพาราในจังหวัดของประเทศไทย แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อิทธิพลของฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น ที่มีต่อผลต่อราคายางพาราในจังหวัดของประเทศไทย

เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
β_1 (มกราคม)	18.09	2.582	14.67	25.63
β_2 (กุมภาพันธ์)	32.66	6.652	27.41	48.34
β_3 (มีนาคม)	50.65	5.63	46.72	64.22
β_4 (เมษายน)	60.08	2.776	56.49	68.08
β_5 (พฤษภาคม)	61.02	2.85	58.44	69.43
β_6 (มิถุนายน)	59.37	3.883	56.44	69.25
β_7 (กรกฎาคม)	54.39	1.764	52.48	59.41
β_8 (สิงหาคม)	45.5	4.398	41.91	54.49
β_9 (กันยายน)	34.4	5.028	31.17	47.01
β_{10} (ตุลาคม)	27.31	3.825	24.53	37.72
β_{11} (พฤศจิกายน)	19.1	3.072	12.93	21.3
ธันวาคม (อ้างอิง)	.	.	.	.

จากตารางที่ 2 พบว่าปัจจัยฤดูกาลแบบหุ่นมีอิทธิพลต่อราคายางพาราโดยที่เดือนมกราคมมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 18.09 บาท เดือนกุมภาพันธ์มีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 32.66 บาท เดือนมีนาคมมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 50.65 บาท เดือนเมษายนมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 60.08 บาท เดือนพฤษภาคมมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 61.02 บาท เดือนมิถุนายนมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 59.37 บาท เดือนกรกฎาคมมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 54.39 บาท เดือนสิงหาคมมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 45.50 บาท เดือนกันยายนมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 34.40 บาท เดือนตุลาคมมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 27.31 บาท เดือนพฤศจิกายนมีราคามากกว่าเดือนธันวาคม 19.10 บาท

4.1.3 ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น

ตัวอย่างค่าพยากรณ์ราคายางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น แสดงในตารางที่ 3 ค่าพยากรณ์ทั้งหมด แสดงในค่าตารางภาคผนวกที่ 1

ตารางที่ 3 ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2545	กุมภาพันธ์	22.09	0.504	21.37	22.86
2545	มีนาคม	24.35	0.4947	23.58	25.07
2545	เมษายน	25.67	0.3795	24.98	26.38
2545	พฤษภาคม	25.95	0.4281	25.25	26.71
2545	มิถุนายน	29.12	0.4702	28.41	29.78
2545	กรกฎาคม	29.37	0.5035	28.57	30.14
2545	สิงหาคม	26.45	0.4055	25.77	27.16
2545	กันยายน	26.46	0.4773	25.77	27.18
2545	ตุลาคม	30.33	0.4467	29.63	31.07
2545	พฤศจิกายน	29.12	0.4547	28.41	29.88
2545	ธันวาคม	29.91	0.4536	29.12	30.58
2546	มกราคม	31.98	0.4415	31.24	32.66
2546	กุมภาพันธ์	35.61	0.4422	34.85	36.33
2546	มีนาคม	40.16	0.4657	39.45	40.85
2546	เมษายน	39.51	0.4611	38.86	40.17
2546	พฤษภาคม	37.63	0.4721	36.88	38.38
2546	มิถุนายน	38.87	0.4246	38.16	39.57
2546	กรกฎาคม	35.09	0.3748	34.46	35.78
2546	สิงหาคม	36.64	0.5031	35.85	37.37
2546	กันยายน	38.24	0.5427	37.54	38.95
2546	ตุลาคม	42.75	0.4038	42.07	43.42
2546	พฤศจิกายน	41.18	0.5256	40.4	41.91
2546	ธันวาคม	40.71	0.4753	39.84	41.4

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2547	มกราคม	39.27	0.5024	38.55	40
2547	กุมภาพันธ์	43.21	0.4376	42.48	43.9
2547	มีนาคม	45.67	0.4893	44.99	46.38
2547	เมษายน	46.36	0.4782	45.64	47.06
2547	พฤษภาคม	47.77	0.4708	47.05	48.47
2547	มิถุนายน	49.32	0.4436	48.57	50.09
2547	กรกฎาคม	45	0.5471	44.28	45.71
2547	สิงหาคม	42.48	0.4238	41.81	43.23
2547	กันยายน	43.15	0.4918	42.46	43.87
2547	ตุลาคม	44	0.4224	43.3	44.77
2547	พฤศจิกายน	42.24	0.4112	41.51	42.91
2547	ธันวาคม	35.87	0.5336	35.11	36.55

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลดิบทั้งในช่วงหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ และในช่วงการพยากรณ์

4.1.4 อิทธิพลของฤดูกาลแบบฟูเรียร์ ที่มีต่อผลต่อราคายางพาราในจังหวัดของประเทศไทย

อิทธิพลของฤดูกาลแบบฟูเรียร์ ที่มีต่อผลต่อราคายางพาราในจังหวัดของประเทศไทย แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อิทธิพลของฤดูกาลแบบฟูเรียร์ ที่มีต่อผลต่อราคายางพาราในจังหวัดของประเทศไทย

	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
β_1 (sin)	-1.914	0.6306	-4.466	-1.566
β_2 (cos)	-3.719	0.2013	-4.531	-3.425

จากตารางที่ 4 พบว่าปัจจัยฤดูกาลแบบฟูเรียร์มีอิทธิพลต่อราคายางพาราโดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของ sin เท่ากับ -1.914 และ cos เท่ากับ -3.719

4.1.5 ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

ตัวอย่างค่าพยากรณ์ราคายางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์ แสดงในตารางที่ 5 ค่าพยากรณ์ทั้งหมด แสดงในค่าตารางภาคผนวกที่ 2

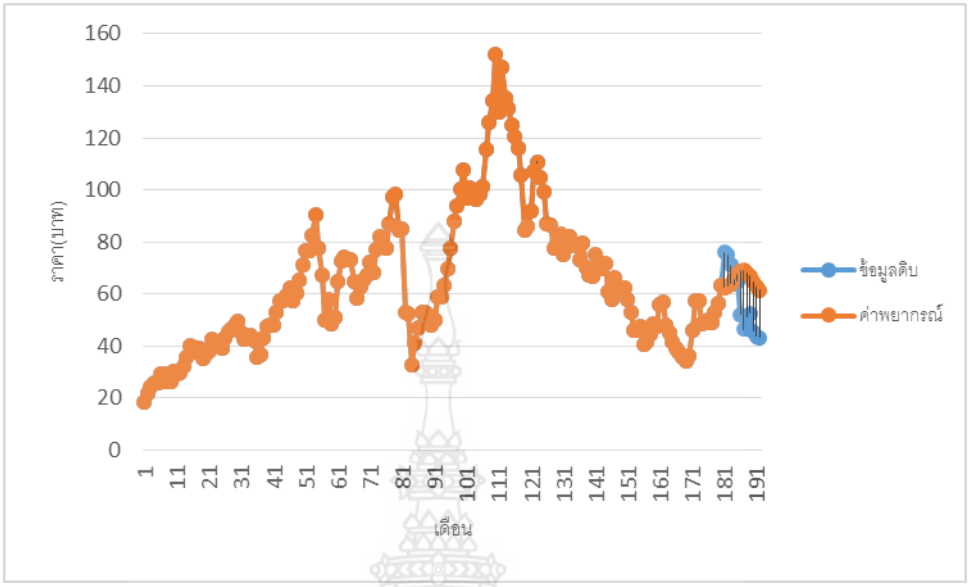
ตารางที่ 5 ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2545	กุมภาพันธ์	22.09	0.1352	21.9	22.29
2545	มีนาคม	24.35	0.1469	24.14	24.54
2545	เมษายน	25.67	0.1197	25.49	25.86
2545	พฤษภาคม	25.94	0.1327	25.73	26.13
2545	มิถุนายน	29.13	0.1124	28.92	29.32
2545	กรกฎาคม	29.38	0.1575	29.18	29.57
2545	สิงหาคม	26.45	0.142	26.23	26.65
2545	กันยายน	26.45	0.1279	26.26	26.66
2545	ตุลาคม	30.32	0.1534	30.13	30.52
2545	พฤศจิกายน	29.12	0.1216	28.93	29.31
2545	ธันวาคม	29.92	0.1273	29.74	30.1
2546	มกราคม	31.99	0.1669	31.81	32.2
2546	กุมภาพันธ์	35.61	0.1311	35.42	35.79
2546	มีนาคม	40.16	0.1291	39.97	40.37
2546	เมษายน	39.51	0.121	39.31	39.69
2546	พฤษภาคม	37.63	0.1638	37.43	37.83
2546	มิถุนายน	38.87	0.1212	38.68	39.04
2546	กรกฎาคม	35.09	0.1275	34.88	35.27
2546	สิงหาคม	36.64	0.138	36.44	36.84
2546	กันยายน	38.24	0.135	38.05	38.44
2546	ตุลาคม	42.76	0.1339	42.56	42.94
2546	พฤศจิกายน	41.19	0.1207	41.01	41.39
2546	ธันวาคม	40.73	0.1282	40.52	40.9

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2547	มกราคม	39.27	0.1348	39.07	39.46
2547	กุมภาพันธ์	43.21	0.1151	43.01	43.41
2547	มีนาคม	45.66	0.123	45.47	45.86
2547	เมษายน	46.37	0.1275	46.18	46.58
2547	พฤษภาคม	47.77	0.1109	47.59	47.96
2547	มิถุนายน	49.32	0.13	49.13	49.51
2547	กรกฎาคม	45	0.1375	44.82	45.18
2547	สิงหาคม	42.47	0.1224	42.26	42.64
2547	กันยายน	43.15	0.1214	42.94	43.35
2547	ตุลาคม	44	0.122	43.81	44.19
2547	พฤศจิกายน	42.24	0.1227	42.06	42.42
2547	ธันวาคม	35.88	0.1541	35.68	36.07

จากตารางที่ 5 จะเห็นว่าค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลดิบทั้งในช่วงหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ และในช่วงการพยากรณ์ ค่าพยากรณ์และค่าข้อมูลดิบแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ค่าพยากรณ์และค่าข้อมูลดิบของราคายางพารา ที่มีฤดูกาลแบบแบบฟูเรียร์

จากภาพที่ 1 จะเห็นว่าค่าพยากรณ์และค่าของข้อมูลดิบ มีค่าใกล้เคียงกันทั้งช่วงหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ และในช่วงการพยากรณ์

4.2 ผลผลิตยางพารา

4.2.1 ลักษณะทั่วไปของข้อมูลผลผลิตยางพาราที่ใช้ศึกษา

ผลผลิตยางพาราเฉลี่ยต่อเดือนแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลผลิตยางพารา เฉลี่ยต่อเดือน

ยางพารา	ค่าเฉลี่ยต่อเดือน	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ผลผลิต (พันตัน)	259.61	42.14

จากตารางที่ 6 ผลผลิตยางพาราต่อเดือนมีค่าเท่ากับ 259.61 พันตัน

4.2.2 อิทธิพลของฤดูกาล แบบตัวแปรหุ่นที่มีต่อผลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย

ผลการวิเคราะห์อิทธิพลของฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 อิทธิพลของฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่นที่มีต่อผลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย

เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
β_1 (มกราคม)	13.6	6.246	-3.21	27.33
β_2 (กุมภาพันธ์)	37.31	6.795	21.71	53.31
β_3 (มีนาคม)	81.73	4.772	74.02	96.73
β_4 (เมษายน)	35.39	12.54	27.56	72.65
β_5 (พฤษภาคม)	48.21	24.26	31.12	110.5
β_6 (มิถุนายน)	86.56	21.29	70.27	130.9
β_7 (กรกฎาคม)	123.9	18.55	104.1	168.9
β_8 (สิงหาคม)	138.7	12.23	123.9	169.9
β_9 (กันยายน)	116.6	6.568	101.3	134.6
β_{10} (ตุลาคม)	78.69	15.42	66.78	113
β_{11} (พฤศจิกายน)	29.03	8.017	16.3	45.23
ธันวาคม (อ้างอิง)	.	.	.	.

จากตารางที่ 7 พบว่าปัจจัยฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่นมีอิทธิพลต่อผลผลิตยางพาราโดยที่เดือนมกราคมมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 13.6 พันตัน เดือนกุมภาพันธ์มีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 37.31 พันตัน เดือนมีนาคมมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 81.73 พันตัน เดือนเมษายนมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 35.39 พันตัน เดือนพฤษภาคมมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 48.21 พันตัน เดือนมิถุนายนมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 86.56 พันตัน เดือนกรกฎาคมมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 123.9 พันตัน เดือนสิงหาคมมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 138.7 พันตัน เดือนกันยายนมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 116.6 พันตัน เดือนตุลาคมมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 78.69พันตัน เดือนพฤศจิกายนมีผลผลิตมากกว่าเดือนธันวาคม 29.03 พันตัน

4.2.3 ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น

ตัวอย่างค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น แสดงในตารางที่ 8 ค่าพยากรณ์ทั้งหมด แสดงในค่าตารางภาคผนวกที่ 3

ตารางที่ 8 ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2545	กุมภาพันธ์	215.9	2.154	212.5	220.4
2545	มีนาคม	229.8	1.784	226.1	233.5
2545	เมษายน	180.2	2.037	176.2	183.8
2545	พฤษภาคม	176.8	2.496	173.1	181
2545	มิถุนายน	234.3	2.446	230.1	237.8
2545	กรกฎาคม	222.3	2.458	218.4	226.5
2545	สิงหาคม	233.9	2.082	230.2	237.9
2545	กันยายน	269.8	1.833	266	273.4
2545	ตุลาคม	277.7	2.059	273.8	281.7
2545	พฤศจิกายน	256.2	1.897	252.4	259.8
2545	ธันวาคม	233.2	1.968	229.6	237.2
2546	มกราคม	317.5	2.266	313	321.1
2546	กุมภาพันธ์	327.6	2.126	323.8	331.3
2546	มีนาคม	319.3	2.375	315.4	323.2
2546	เมษายน	212.2	2.045	208.5	216.1
2546	พฤษภาคม	218.9	2.593	215.4	222.9
2546	มิถุนายน	231.7	2.185	228	235.4
2546	กรกฎาคม	251	2.119	247.3	254.6
2546	สิงหาคม	220.4	1.943	216.9	224.3
2546	กันยายน	265.5	2.027	261.7	269.3
2546	ตุลาคม	245.3	2.145	241.4	249.1
2546	พฤศจิกายน	218.4	1.877	214.9	222.5
2546	ธันวาคม	280	2.152	275.9	283.5

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2547	มกราคม	253.6	1.91	249.9	257.4
2547	กุมภาพันธ์	269.2	1.953	265.3	272.8
2547	มีนาคม	264.8	1.924	260.9	268.5
2547	เมษายน	209.4	2.018	205.7	213.2
2547	พฤษภาคม	219.4	1.979	215.7	223.1
2547	มิถุนายน	220.3	2.022	216.7	224.2
2547	กรกฎาคม	250.3	1.851	246.5	253.8
2547	สิงหาคม	251.4	2.04	247.2	254.9
2547	กันยายน	175.3	1.841	172.3	179.1
2547	ตุลาคม	338.4	2.105	334.3	341.7
2547	พฤศจิกายน	278.3	2.043	274.9	282.3
2547	ธันวาคม	291.5	2.19	287.7	295.1

จากตารางที่ 8 จะเห็นว่าค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลดิบทั้งในช่วงหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ และในช่วงการพยากรณ์

4.2.4 อิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อผลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

อิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อผลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์ แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 อิทธิพลของฤดูกาลที่มีต่อผลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
β_1 (sin)	-23.58	0.2627	-24.31	-23.4
β_2 (cos)	25.69	0.2135	25.11	26.18

จากตารางที่ 9 พบว่าปัจจัยฤดูกาลแบบฟูเรียร์มีอิทธิพลต่อผลผลิตยางพาราโดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของ sin เท่ากับ -23.58 และ cos เท่ากับ 25.69

4.2.5 ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

ตัวอย่างค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์ แสดงในตารางที่ 10 ค่าพยากรณ์ทั้งหมดแสดงในตารางภาคผนวกที่ 4

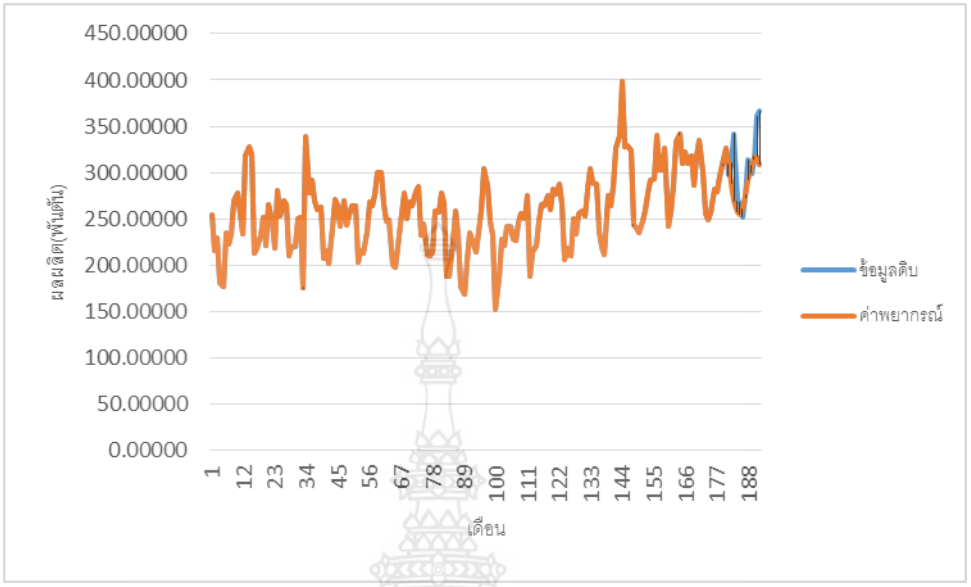
ตารางที่ 10 ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2545	กุมภาพันธ์	215.7	0.1457	215.5	216
2545	มีนาคม	229.9	0.1452	229.6	230.1
2545	เมษายน	180.2	0.1458	180	180.5
2545	พฤษภาคม	176.7	0.1461	176.5	176.9
2545	มิถุนายน	234.4	0.1486	234.2	234.7
2545	กรกฎาคม	222.3	0.1514	222.1	222.6
2545	สิงหาคม	233.9	0.1802	233.6	234.1
2545	กันยายน	269.9	0.1282	269.7	270.1
2545	ตุลาคม	277.7	0.1444	277.5	277.9
2545	พฤศจิกายน	256.2	0.1458	256	256.5
2545	ธันวาคม	233.2	0.1298	232.9	233.4
2546	มกราคม	317.6	0.1268	317.3	317.8
2546	กุมภาพันธ์	327.6	0.134	327.3	327.8
2546	มีนาคม	319.3	0.1495	319.1	319.5
2546	เมษายน	212.2	0.1429	212	212.5
2546	พฤษภาคม	218.9	0.1657	218.7	219.1
2546	มิถุนายน	231.7	0.1436	231.5	231.9
2546	กรกฎาคม	251	0.119	250.8	251.2
2546	สิงหาคม	220.3	0.1668	220.1	220.6
2546	กันยายน	265.5	0.1684	265.3	265.8
2546	ตุลาคม	245.3	0.147	245.1	245.5
2546	พฤศจิกายน	218.3	0.1392	218.1	218.5
2546	ธันวาคม	280.1	0.1557	279.8	280.3

ตารางที่ 10 ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์ (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2547	มกราคม	253.5	0.1439	253.3	253.8
2547	กุมภาพันธ์	269.2	0.1263	268.9	269.4
2547	มีนาคม	264.8	0.1255	264.5	265
2547	เมษายน	209.3	0.1165	209.1	209.6
2547	พฤษภาคม	219.4	0.1065	219.2	219.6
2547	มิถุนายน	220.3	0.1319	220.1	220.5
2547	กรกฎาคม	250.3	0.1371	250.1	250.5
2547	สิงหาคม	251.4	0.1279	251.2	251.6
2547	กันยายน	175.2	0.1376	175	175.5
2547	ตุลาคม	338.5	0.1467	338.3	338.8
2547	พฤศจิกายน	278.2	0.1358	278	278.4
2547	ธันวาคม	291.6	0.15	291.3	291.8

จากตารางที่ 10 จะเห็นว่าค่าพยากรณ์มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลดิบทั้งในช่วงหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ และในช่วงการพยากรณ์ ค่าพยากรณ์และค่าข้อมูลดิบแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ค่าพยากรณ์และค่าข้อมูลดิบของผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

จากภาพที่ 2 จะเห็นว่าค่าพยากรณ์และค่าของข้อมูลดิบ มีค่าใกล้เคียงกันทั้งช่วงหาค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบ และในช่วงการพยากรณ์

4.3 การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบที่นำเสนอ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวแบบใช้ค่า Mean absolute error (MAE) เป็นเกณฑ์ ตัวแบบที่มีค่า MAE ต่ำกว่า เป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่า การเปรียบเทียบค่า MAE นั้นทำการเปรียบเทียบทั้งช่วงการประมาณค่าพารามิเตอร์ และช่วงตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบ ซึ่งแสดงในตารางที่ 11 และ 12 ตามลำดับ

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบค่า MAE ของข้อมูลราคายางพารา

ตัวแบบ	Mean Absolute Error (MAE)	
	ช่วงประมาณพารามิเตอร์	ช่วงพยากรณ์
ตัวแปรหุ่น	0.00	31.92
ฟูเรียร์	0.00	15.52
Holt-Winters ES	4.55	15.29
SARIMA	5.03	12.13

จากตารางที่ 11 พบว่า ค่า MAE ของตัวแบบที่นำเสนอที่มีอิทธิพลของฤดูกาลเป็นตัวแปรหุ่นต่ำกว่าตัวแบบ Holt-Winters ES และ SARIMA ในทุกจังหวัด แสดงว่า ตัวแบบที่นำเสนอมีประสิทธิภาพดีกว่า

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบค่า MAE ของข้อมูลผลผลิตยางพารา

ตัวแบบ	Mean Absolute Error (MAE)	
	ช่วงประมาณพารามิเตอร์	ช่วงพยากรณ์
ตัวแปรหุ่น	0.03	73.82
ฟูเรียร์	0.02	12.43
Holt-Winters ES	17.47	19.27
SARIMA	19.82	19.72

จากตารางที่ 12 พบว่าค่า MAE ของตัวแบบที่นำเสนอที่มีอิทธิพลของฤดูกาลแบบฟูเรียร์ต่ำกว่าตัวแบบ ตัวแปรหุ่น Holt-Winters Additive ES และ SARIMA แสดงว่าเป็นตัวแบบที่มีประสิทธิภาพดีกว่า

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การเลือกฟังก์ชันฤดูกาลที่เหมาะสมในตัวแบบอนุกรมเวลาแบบเบย์สำหรับวิเคราะห์ราคาและผลผลิตยางพาราในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างตัวแบบสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาให้มีความแม่นยำมากขึ้นกับข้อมูลที่มีฤดูกาล โดยประยุกต์ใช้กับข้อมูลราคา และผลผลิตยางพาราในประเทศไทย และเพื่อเปรียบเทียบตัวแบบที่นำเสนอกับตัวแบบดั้งเดิมที่ยังคงเป็นที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ ตัวแบบ Holt-Winters additive exponential smoothing model (Holt-Winters ES) และ ตัวแบบ Seasonal autoregressive integrated moving average model (SARIMA)

ตัวแบบที่นำเสนอคือตัวแบบผสมเชิงเส้น (Linear mixed model หรือ LMM) ที่มีอิทธิพลของ แนวโน้ม อัตตสัมพันธ์ ค่าผิดปกติ และฤดูกาล อิทธิพลของฤดูกาลมีทั้งแบบใช้ตัวแปรหุ่น (Dummy variables) และแบบที่มีเทอมเป็นฟูเรียร์ (Fourier term) การประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบ ใช้วิธีการของเบย์ ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลทุติยภูมิ ผลผลิตยางพารารายรายเดือน ในประเทศไทย ระหว่างปี 2545 – 2560 รวม 192 เดือน แบ่งข้อมูลออกเป็นสองช่วง 180 เดือนแรกเพื่อใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์ 12 เดือนสุดท้ายใช้สำหรับตรวจสอบความแม่นยำของตัวแบบ สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ แสดงตามลำดับดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ราคาเฉลี่ยต่อเดือนยางพารามีค่าเท่ากับ 63.97 บาท และผลผลิตยางพาราต่อเดือนมีค่าเท่ากับ 259.61 พันตัน ปัจจัยฤดูกาลแบบฟูเรียร์มีอิทธิพลต่อราคายางพาราโดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของ sin เท่ากับ -1.914 และ cos เท่ากับ -3.719 ปัจจัยฤดูกาลแบบฟูเรียร์มีอิทธิพลต่อผลผลิตยางพาราโดยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ของ sin เท่ากับ -23.58 และ cos เท่ากับ 25.69 ตัวแบบที่นำเสนอที่ใช้ฟูเรียร์แสดงอิทธิพลของฤดูกาลเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

5.2 อภิปรายผล

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของภาคใต้และของประเทศไทย โดยเฉพาะน้ำยาง (Latex) ซึ่งเป็นผลิตผลที่ได้จากท่อลำเลียงอาหารในส่วนเปลือกของต้นยางพารา สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการทำผลิตภัณฑ์ยางชนิดต่างๆ สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ตั้งแต่อุตสาหกรรมหนัก เช่น การผลิตยางรถยนต์ ไปจนถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในครัวเรือน น้ำยางที่ได้จากต้นยางพารามีคุณสมบัติบางอย่างที่ยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber) ไม่สามารถทำให้เหมือนได้

สำหรับยางพารา ในแต่ละรอบปีเมื่อพ้นฤดูฝน และย่างเข้าสู่ต้นฤดูหนาว เป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเปิดกรีดยางมากที่สุดช่วงหนึ่ง เนื่องเพราะช่วงฤดูหนาวจะทำให้น้ำยางไหลนานและได้รับผลผลิตน้ำยางเป็นจำนวนมากกว่าช่วงอื่น ๆ เป็นอย่างมากและเห็นชัดเจน และการเปิดกรีดในช่วงนี้หน้ายางจะปลอดภัยจากการเข้าทำลายของเชื้อรา ฤดูกาล มีอิทธิพลต่อผลผลิตยางพาราของประเทศไทย เป็นดังนี้เพราะว่ามีบางฤดูกาลไม่สามารถกรีดยางได้เช่น ในช่วงฤดูฝนของทุกปี หากมีฝนตกชุกหรือติดต่อกันนาน เกษตรกรไม่สามารถกรีดยางได้ นอกจากจะไม่สามารถกรีดยางได้แล้ว

ตัวแบบที่นำเสนอที่ใช้ฟูเรียร์แสดงอิทธิพลของฤดูกาล ที่เป็นดังนี้เพราะว่าฟูเรียร์เหมาะสำหรับช่วงฤดูกาลที่เป็นช่วงยาวนาน เช่นใช้กับข้อมูล รายชั่วโมงหรือรายวัน ที่มีอิทธิพลของฤดูกาลยาวนานกว่า 12 คาบ ตัวแบบที่นำเสนอมีประสิทธิภาพดีกว่าตัวแบบที่มีฤดูกาลเป็นแบบตัวแปรหุ่น Holt-Winters ES และ ตัวแบบ SARIMA เพราะว่าตัวแบบที่นำเสนอมีความยืดหยุ่นสูง สามารถเพิ่มตัวแปรที่เป็นอิทธิพลได้อีกหลายประเภท ซึ่งสอดคล้องกับสภาพความจริงของข้อมูลมากที่สุด

นอกจากนั้นการประมาณค่าด้วยวิธีการของเบย์ยังได้เปรียบในด้านที่สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบที่มีความซับซ้อนได้ โดยที่วิธีการที่การที่ใช้กันอยู่ทั่วไปเช่น Maximum likelihood ไม่สามารถนำมาใช้ได้ โดยใช้หลักของ MCMC ผลการศึกษานี้มีประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้องกับเรื่องยางพารา ทั้งผู้บริหารหน่วยงานของรัฐ และเกษตรกร สามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนตัดสินใจปลูกยางพาราได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 อาจพิจารณาเพิ่มอิทธิพลอื่นๆ เข้าไปในตัวแบบ เช่น สารอาหารในดิน สภาพแวดล้อม

5.3.2 นำตัวแบบ ไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลผลผลิตพืชไร่อื่นๆ หรือประเภทอื่นที่มีลักษณะเดียวกัน เช่น ปาล์ม อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น

บรรณานุกรม

ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2556. ธุรกิจยางพาราในภาคใต้. แหล่งที่มา: http://www.ksmecare.com.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สถิติยางไทย. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/main.php?filename=index.

Banerjee, S, B. P. Carlin and A. E. Gelfand. 2004. Hierarchical Modeling and Analysis for Spatial Data. Chapman and Hall/CRC Press, FL.

Bernardinelli, L, D. Clayton, C. Pascutto, C. Montomoli, M. Ghislandi and M. Songini. 1995. Bayesian analysis of space-time variation in disease risk. Statistics in Medicine 14: 2433-2443.

Besag, J, J. York and A. Molli. 1991. Bayesian image restoration, with two applications in spatial statistics. Annals of the Institute of Statistical Mathematics 43: 1-21.

Besag, J. 1974. Spatial Interaction and the Statistical Analysis of Lattice Systems. Journal of the Royal Statistical Society Series B 36(2): 192–236.

Casella, G. and E. George. 1992. Explaining the Gibbs Sampler. Amer. Statistician 46: 167-174.

Chawla, D. and V.S. Jha. 2009. Forecasting production of natural rubber in India. Paradigm, 13(1).

Clayton, D. and J. Keldor. 1987. Empirical Bayes estimates of age-standardized relative risks for use in disease mapping. Biometrics 43: 671-681.

Congdon, P. 2006. Bayesian Statistical Modelling. 2nd ed. John Wiley and Sons, NY.

Congdon, P. 2003. Applie Bayesian Statistical Modelling, John Wiley& Sons: New York.

Conway, D, C.Q Li, J. Wolch, C. Kahle, and M. Jerrett. 2010. A spatial autocorrelation approach for examining the effects of urban green space on residential property values. The Journal of Real Estate Finance and Economics 41(2): 150-169.

Cressie, N., 1992. Smoothing regional maps using empirical Bayes predictors. Geograph. Anal. 24: 75-95.

Cressie, N., N.H. Chan. 1989. Spatial modeling of regional variables. J. Amer. Statist. Assoc. 84: 393-401.

Diaconoa, M, A. Castrignanob, A. Troccolic, D. De Benedettob, B. Bassod and P. Rubino. 2012. Spatial and temporal variability of wheat grain yield and quality in a Mediterranean environment: A multivariate geostatistical approach. Field Crops Research 131: 49–62.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Fourth, L.A. and Woodlock, J.W. 1960. Early prediction of market success for grocery products. Journal of Marketing 61: 68-78.

Holt.C.C, "Forecasting seasonal and trends by exponentially weighted moving averages," Office of Naval Research, Research Memorandum, no. 52, 1975.

Iqbal, N., K. Bakhsh, A. Maqbool and A.S. Ahmad. 2005. Use of the ARIM Model for Forecasting What Area and Production in Pakistan. Journal of Agriculture & Social Sciences 1(2): 120-122.

Kahforoushan, E., M. Zarif and E.B. Mashahir. 2010. Prediction of added value of agricultural subsections using artificial neural networks: Box-Jenkins and Holt-Winters methods. Journal of Development and Agricultural Economics 2(4): 115-121.

Kosanan, O. and N. Kantanantha. 2014. Thailand's Para Rubber Production Forecasting Comparison. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2014 Vol II, IMECS 2014, March 12 - 14, 2014, Hong Kong.

Mendoza, M. and E. de Alba. (2006). Forecasting an accumulated series based on partial accumulation: A new Bayesian method for short series with seasonal patterns. International Journal of Forecasting 4: 781-798.

Neelamegham, R. and Chintagunta, P. 1999. A Bayesian model to forecast new product performance in domestic and international markets. Marketing science 18(2): 115-136.

Pallawala, P. K. B. N. M. and D. D. M. Jayasundara. 2013. Forecasting the future values of rubber yield and Cost of Products by fitting the best time series models. European International Journal of Science and Technology 2(5): 30–44.

Pedroza, C. 2006. A Bayesian forecasting model: predicting U.S. male mortality. Biostatistics 7(4): 530-550.

Sumer, K.K., O. Goktas and A. Hepsag. 2009.The application of seasonal latent variable in forecasting electricity demand as and alternative method. Energy Policy 37(4): 1317-1322.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Tongkhow, P and N. Kantanantha. 2013. Bayesian models for time series with covariates, trend, seasonality, autoregression and outliers. Journal of Computer Science 9(3): 291-298.

Tongkhow, P. and N. Kantanantha. 2012. “Appropriate forecasting models for fluctuating vegetable prices in Thailand,” IEEE Proceedings, The CET 2011, Shanghai, pp.162-166.

Tongkhow, P. and N. Kantanantha. 2013. Bayesian models for time series with covariates, trend, seasonality, autoregression and outliers. Journal of Computer Science,vol.9(3), pp 291-298.

Tsutakawa, R.K. 1988. Mixed model for analysing geographic variability in mortality rates. J. Amer. Statist.Assoc. 83: 37-42.

West, B. T, K. B. Welch, and A. T. Galecki. 2007. Linear mixed models: A practical guide to using statistical software. Chapman and Hall/CRC, NY.

Yelland, P. M. 2010. Bayesian Forecasting of Part Demand. International Journal of Forecasting 26: 374-396.

Yelland, P.M. 2010. Bayesian Forecasting of Part Demand, 1-33, USA.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2545	กุมภาพันธ์	22.09	0.504	21.37	22.86
2545	มีนาคม	24.35	0.4947	23.58	25.07
2545	เมษายน	25.67	0.3795	24.98	26.38
2545	พฤษภาคม	25.95	0.4281	25.25	26.71
2545	มิถุนายน	29.12	0.4702	28.41	29.78
2545	กรกฎาคม	29.37	0.5035	28.57	30.14
2545	สิงหาคม	26.45	0.4055	25.77	27.16
2545	กันยายน	26.46	0.4773	25.77	27.18
2545	ตุลาคม	30.33	0.4467	29.63	31.07
2545	พฤศจิกายน	29.12	0.4547	28.41	29.88
2545	ธันวาคม	29.91	0.4536	29.12	30.58
2546	มกราคม	31.98	0.4415	31.24	32.66
2546	กุมภาพันธ์	35.61	0.4422	34.85	36.33
2546	มีนาคม	40.16	0.4657	39.45	40.85
2546	เมษายน	39.51	0.4611	38.86	40.17
2546	พฤษภาคม	37.63	0.4721	36.88	38.38
2546	มิถุนายน	38.87	0.4246	38.16	39.57
2546	กรกฎาคม	35.09	0.3748	34.46	35.78
2546	สิงหาคม	36.64	0.5031	35.85	37.37
2546	กันยายน	38.24	0.5427	37.54	38.95
2546	ตุลาคม	42.75	0.4038	42.07	43.42
2546	พฤศจิกายน	41.18	0.5256	40.4	41.91
2546	ธันวาคม	40.71	0.4753	39.84	41.4
2547	มกราคม	39.27	0.5024	38.55	40

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2547	กุมภาพันธ์	43.21	0.4376	42.48	43.9
2547	มีนาคม	45.67	0.4893	44.99	46.38
2547	เมษายน	46.36	0.4782	45.64	47.06
2547	พฤษภาคม	47.77	0.4708	47.05	48.47
2547	มิถุนายน	49.32	0.4436	48.57	50.09
2547	กรกฎาคม	45	0.5471	44.28	45.71
2547	สิงหาคม	42.48	0.4238	41.81	43.23
2547	กันยายน	43.15	0.4918	42.46	43.87
2547	ตุลาคม	44	0.4224	43.3	44.77
2547	พฤศจิกายน	42.24	0.4112	41.51	42.91
2547	ธันวาคม	35.87	0.5336	35.11	36.55
2548	มกราคม	36.41	0.5155	35.7	37.15
2548	กุมภาพันธ์	43.08	0.4243	42.41	43.79
2548	มีนาคม	47.69	0.4343	47.02	48.42
2548	เมษายน	47.96	0.5314	47.18	48.69
2548	พฤษภาคม	48.02	0.4227	47.34	48.75
2548	มิถุนายน	52.79	0.4117	52.1	53.51
2548	กรกฎาคม	57.38	0.4406	56.69	58.05
2548	สิงหาคม	57.3	0.5009	56.63	58.03
2548	กันยายน	59.47	0.4772	58.73	60.19
2548	ตุลาคม	62.32	0.4767	61.65	63.05
2548	พฤศจิกายน	57.43	0.4296	56.69	58.13
2548	ธันวาคม	60.32	0.4282	59.59	61.01
2549	มกราคม	65.27	0.4433	64.53	65.92
2549	กุมภาพันธ์	71.21	0.4375	70.53	71.92

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2549	มีนาคม	76.48	0.4284	75.83	77.2
2549	เมษายน	76.65	0.436	75.98	77.39
2549	พฤษภาคม	82.36	0.455	81.64	83.08
2549	มิถุนายน	90.48	0.5024	89.68	91.12
2549	กรกฎาคม	77.42	0.4463	76.71	78.13
2549	สิงหาคม	67.36	0.4713	66.7	68.08
2549	กันยายน	50.11	0.4049	49.45	50.91
2549	ตุลาคม	57.92	0.4892	57.18	58.61
2549	พฤศจิกายน	48.47	0.5486	47.78	49.22
2549	ธันวาคม	50.85	0.4295	50.18	51.52
2550	มกราคม	64.59	0.4267	63.9	65.27
2550	กุมภาพันธ์	72.44	0.4214	71.72	73.14
2550	มีนาคม	74.24	0.3963	73.61	74.96
2550	เมษายน	73.25	0.4414	72.57	73.99
2550	พฤษภาคม	73.05	0.4189	72.32	73.78
2550	มิถุนายน	64.65	0.475	63.9	65.33
2550	กรกฎาคม	58.21	0.3978	57.53	58.9
2550	สิงหาคม	62.62	0.4504	61.92	63.34
2550	กันยายน	65.17	0.5301	64.42	65.83
2550	ตุลาคม	67.43	0.4499	66.74	68.21
2550	พฤศจิกายน	72.04	0.4455	71.28	72.66
2550	ธันวาคม	68.39	0.4188	67.68	69.13
2551	มกราคม	77.05	0.3946	76.3	77.72
2551	กุมภาพันธ์	82.14	0.401	81.37	82.83
2551	มีนาคม	77.99	0.4373	77.37	78.71

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2551	เมษายน	77.51	0.4541	76.8	78.27
2551	พฤษภาคม	86.81	0.4867	86.07	87.52
2551	มิถุนายน	97.15	0.4217	96.46	97.82
2551	กรกฎาคม	98.22	0.4368	97.51	98.91
2551	สิงหาคม	84.47	0.4174	83.79	85.2
2551	กันยายน	84.97	0.4808	84.21	85.63
2551	ตุลาคม	52.92	0.5132	52.26	53.64
2551	พฤศจิกายน	52.22	0.4764	51.49	52.93
2551	ธันวาคม	32.56	0.4325	31.85	33.26
2552	มกราคม	41.1	0.4311	40.36	41.84
2552	กุมภาพันธ์	47.21	0.4763	46.42	47.93
2552	มีนาคม	52.69	0.4725	51.92	53.4
2552	เมษายน	52.7	0.4762	52.01	53.44
2552	พฤษภาคม	52.19	0.496	51.53	52.92
2552	มิถุนายน	48.08	0.4728	47.45	48.78
2552	กรกฎาคม	49.94	0.5275	49.21	50.66
2552	สิงหาคม	58.77	0.5342	58	59.46
2552	กันยายน	58.75	0.4599	58.06	59.43
2552	ตุลาคม	63.13	0.5206	62.41	63.92
2552	พฤศจิกายน	69.47	0.4604	68.81	70.19
2552	ธันวาคม	77.52	0.4468	76.77	78.17
2553	มกราคม	87.92	0.4981	87.24	88.59
2553	กุมภาพันธ์	93.81	0.404	93.14	94.54
2553	มีนาคม	100.5	0.4759	99.78	101.3
2553	เมษายน	107.5	0.4714	106.8	108.2

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2553	พฤษภาคม	96.89	0.4307	96.21	97.62
2553	มิถุนายน	100.7	0.4989	99.92	101.4
2553	กรกฎาคม	97.71	0.4319	96.99	98.46
2553	สิงหาคม	96.45	0.4157	95.69	97.14
2553	กันยายน	98.09	0.497	97.41	98.86
2553	ตุลาคม	101.5	0.5262	100.8	102.3
2553	พฤศจิกายน	115.7	0.4229	115	116.4
2553	ธันวาคม	126	0.437	125.3	126.6
2554	มกราคม	134.4	0.5124	133.7	135.2
2554	กุมภาพันธ์	152.2	0.4204	151.5	152.9
2554	มีนาคม	129.7	0.5695	129.1	130.6
2554	เมษายน	147.1	0.4267	146.4	147.8
2554	พฤษภาคม	135.2	0.3948	134.6	135.9
2554	มิถุนายน	131.4	0.4867	130.7	132.1
2554	กรกฎาคม	125	0.466	124.3	125.7
2554	สิงหาคม	120.4	0.4274	119.7	121.1
2554	กันยายน	116.1	0.4249	115.4	116.7
2554	ตุลาคม	105.9	0.4023	105.2	106.6
2554	พฤศจิกายน	84.72	0.4986	84.03	85.48
2554	ธันวาคม	86.08	0.4612	85.34	86.74
2555	มกราคม	92.1	0.5192	91.37	92.77
2555	กุมภาพันธ์	107.4	0.4137	106.7	108.1
2555	มีนาคม	110.6	0.4116	109.9	111.4
2555	เมษายน	104.6	0.4599	103.9	105.4
2555	พฤษภาคม	99.14	0.511	98.36	99.85

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2555	มิถุนายน	86.84	0.4443	86.16	87.61
2555	กรกฎาคม	86.35	0.4466	85.63	87.07
2555	สิงหาคม	77.56	0.4134	76.93	78.32
2555	กันยายน	79.49	0.4275	78.72	80.21
2555	ตุลาคม	82.8	0.4418	82.1	83.44
2555	พฤศจิกายน	74.92	0.4078	74.24	75.62
2555	ธันวาคม	77.93	0.4447	77.17	78.54
2556	มกราคม	82.17	0.4219	81.46	82.86
2556	กุมภาพันธ์	79.71	0.4412	78.96	80.42
2556	มีนาคม	78.43	0.3869	77.76	79.12
2556	เมษายน	73.07	0.4497	72.43	73.81
2556	พฤษภาคม	79.78	0.4462	79.03	80.42
2556	มิถุนายน	70	0.4044	69.33	70.72
2556	กรกฎาคม	67	0.3863	66.34	67.69
2556	สิงหาคม	66.75	0.4398	66.01	67.45
2556	กันยายน	74.99	0.4473	74.18	75.67
2556	ตุลาคม	72.17	0.4817	71.5	72.95
2556	พฤศจิกายน	69.56	0.4404	68.85	70.3
2556	ธันวาคม	71.7	0.3938	70.99	72.29
2557	มกราคม	60.67	0.4694	59.95	61.43
2557	กุมภาพันธ์	58.06	0.4698	57.4	58.8
2557	มีนาคม	66.14	0.4157	65.43	66.81
2557	เมษายน	62.83	0.3897	62.14	63.54
2557	พฤษภาคม	61.64	0.4296	60.93	62.33
2557	มิถุนายน	62.38	0.5206	61.68	63.11

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2557	กรกฎาคม	57.99	0.4083	57.25	58.68
2557	สิงหาคม	52.86	0.4893	52.13	53.52
2557	กันยายน	46.2	0.416	45.5	46.94
2557	ตุลาคม	46.05	0.4357	45.35	46.71
2557	พฤศจิกายน	47.6	0.4782	46.9	48.31
2557	ธันวาคม	40.51	0.4033	39.78	41.14
2558	มกราคม	41.55	0.4382	40.85	42.25
2558	กุมภาพันธ์	44.42	0.4034	43.67	45.12
2558	มีนาคม	48.52	0.4401	47.79	49.2
2558	เมษายน	47.59	0.4477	46.89	48.4
2558	พฤษภาคม	55.68	0.4667	54.96	56.35
2558	มิถุนายน	56.69	0.4574	55.92	57.47
2558	กรกฎาคม	47.77	0.409	47.1	48.48
2558	สิงหาคม	44.8	0.5083	44.06	45.49
2558	กันยายน	41.62	0.4751	40.96	42.3
2558	ตุลาคม	39.33	0.4419	38.61	40.11
2558	พฤศจิกายน	37.4	0.4397	36.67	38.11
2558	ธันวาคม	35.54	0.4966	34.84	36.18
2559	มกราคม	34.42	0.4301	33.79	35.18
2559	กุมภาพันธ์	36.06	0.4309	35.37	36.8
2559	มีนาคม	46.05	0.3835	45.39	46.73
2559	เมษายน	57.24	0.4414	56.54	57.95
2559	พฤษภาคม	57.21	0.4804	56.47	57.91
2559	มิถุนายน	48.69	0.418	47.98	49.48
2559	กรกฎาคม	48.79	0.4385	48.08	49.45

ตารางภาคผนวกที่ 1 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2559	สิงหาคม	49.84	0.4611	49.11	50.55
2559	กันยายน	49.19	0.4913	48.5	49.99
2559	ตุลาคม	53.02	0.4427	52.31	53.7
2559	พฤศจิกายน	56.39	0.4932	55.72	57.11
2559	ธันวาคม	63.5	0.5933	62.71	64.17
2560	มกราคม	78.7	21.23	37.16	120.1
2560	กุมภาพันธ์	90.63	29.94	31.91	150
2560	มีนาคม	106.7	35.76	37.12	176.4
2560	เมษายน	113.9	40.72	35.1	196.9
2560	พฤษภาคม	113	44.99	27.79	203
2560	มิถุนายน	109.8	48.69	17.83	209.1
2560	กรกฎาคม	103.3	52.11	4.893	212.2
2560	สิงหาคม	93.15	55.28	-10.16	209.4
2560	กันยายน	80.85	58.21	-26.75	204.1
2560	ตุลาคม	72.22	60.81	-39.52	201.9
2560	พฤศจิกายน	63.11	63.71	-52.14	200.7
2560	ธันวาคม	43.09	66.15	-76.52	188.1

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าพยากรณ์ราคายางพาราในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2545	กุมภาพันธ์	22.09	0.1352	21.9	22.29
2545	มีนาคม	24.35	0.1469	24.14	24.54
2545	เมษายน	25.67	0.1197	25.49	25.86
2545	พฤษภาคม	25.94	0.1327	25.73	26.13
2545	มิถุนายน	29.13	0.1124	28.92	29.32
2545	กรกฎาคม	29.38	0.1575	29.18	29.57
2545	สิงหาคม	26.45	0.142	26.23	26.65
2545	กันยายน	26.45	0.1279	26.26	26.66
2545	ตุลาคม	30.32	0.1534	30.13	30.52
2545	พฤศจิกายน	29.12	0.1216	28.93	29.31
2545	ธันวาคม	29.92	0.1273	29.74	30.1
2546	มกราคม	31.99	0.1669	31.81	32.2
2546	กุมภาพันธ์	35.61	0.1311	35.42	35.79
2546	มีนาคม	40.16	0.1291	39.97	40.37
2546	เมษายน	39.51	0.121	39.31	39.69
2546	พฤษภาคม	37.63	0.1638	37.43	37.83
2546	มิถุนายน	38.87	0.1212	38.68	39.04
2546	กรกฎาคม	35.09	0.1275	34.88	35.27
2546	สิงหาคม	36.64	0.138	36.44	36.84
2546	กันยายน	38.24	0.135	38.05	38.44
2546	ตุลาคม	42.76	0.1339	42.56	42.94
2546	พฤศจิกายน	41.19	0.1207	41.01	41.39
2546	ธันวาคม	40.73	0.1282	40.52	40.9
2547	มกราคม	39.27	0.1348	39.07	39.46
2547	กุมภาพันธ์	43.21	0.1151	43.01	43.41

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2547	มีนาคม	45.66	0.123	45.47	45.86
2547	เมษายน	46.37	0.1275	46.18	46.58
2547	พฤษภาคม	47.77	0.1109	47.59	47.96
2547	มิถุนายน	49.32	0.13	49.13	49.51
2547	กรกฎาคม	45	0.1375	44.82	45.18
2547	สิงหาคม	42.47	0.1224	42.26	42.64
2547	กันยายน	43.15	0.1214	42.94	43.35
2547	ตุลาคม	44	0.122	43.81	44.19
2547	พฤศจิกายน	42.24	0.1227	42.06	42.42
2547	ธันวาคม	35.88	0.1541	35.68	36.07
2548	มกราคม	36.4	0.1348	36.2	36.58
2548	กุมภาพันธ์	43.08	0.1196	42.87	43.27
2548	มีนาคม	47.69	0.1259	47.5	47.89
2548	เมษายน	47.96	0.1338	47.79	48.16
2548	พฤษภาคม	48.02	0.1327	47.82	48.22
2548	มิถุนายน	52.79	0.1177	52.61	52.98
2548	กรกฎาคม	57.38	0.1489	57.21	57.57
2548	สิงหาคม	57.31	0.1243	57.13	57.52
2548	กันยายน	59.48	0.1272	59.31	59.68
2548	ตุลาคม	62.32	0.1438	62.14	62.53
2548	พฤศจิกายน	57.43	0.1246	57.24	57.64
2548	ธันวาคม	60.33	0.1469	60.14	60.55
2549	มกราคม	65.28	0.1132	65.1	65.48
2549	กุมภาพันธ์	71.21	0.1525	71.02	71.43
2549	มีนาคม	76.48	0.1374	76.27	76.67

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2549	เมษายน	76.65	0.1512	76.47	76.84
2549	พฤษภาคม	82.36	0.1133	82.16	82.55
2549	มิถุนายน	90.5	0.1195	90.32	90.67
2549	กรกฎาคม	77.42	0.1458	77.23	77.59
2549	สิงหาคม	67.35	0.121	67.17	67.53
2549	กันยายน	50.1	0.1456	49.92	50.31
2549	ตุลาคม	57.93	0.1304	57.72	58.1
2549	พฤศจิกายน	48.47	0.142	48.3	48.67
2549	ธันวาคม	50.85	0.1217	50.64	51.03
2550	มกราคม	64.59	0.1294	64.39	64.77
2550	กุมภาพันธ์	72.45	0.1266	72.24	72.63
2550	มีนาคม	74.23	0.1234	74.04	74.43
2550	เมษายน	73.24	0.1137	73.05	73.44
2550	พฤษภาคม	73.05	0.1166	72.87	73.27
2550	มิถุนายน	64.65	0.1114	64.46	64.84
2550	กรกฎาคม	58.21	0.1554	58.03	58.4
2550	สิงหาคม	62.62	0.1221	62.43	62.81
2550	กันยายน	65.18	0.1177	65	65.36
2550	ตุลาคม	67.43	0.1477	67.22	67.62
2550	พฤศจิกายน	72.05	0.1301	71.86	72.25
2550	ธันวาคม	68.39	0.1253	68.22	68.57
2551	มกราคม	77.05	0.1152	76.89	77.25
2551	กุมภาพันธ์	82.14	0.1465	81.95	82.35
2551	มีนาคม	77.98	0.1297	77.78	78.17
2551	เมษายน	77.5	0.1444	77.29	77.7

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2551	พฤษภาคม	86.81	0.1205	86.62	87
2551	มิถุนายน	97.16	0.141	96.94	97.34
2551	กรกฎาคม	98.23	0.1406	98.04	98.43
2551	สิงหาคม	84.47	0.1301	84.28	84.68
2551	กันยายน	84.98	0.1246	84.78	85.16
2551	ตุลาคม	52.9	0.1516	52.7	53.1
2551	พฤศจิกายน	52.24	0.1145	52.07	52.43
2551	ธันวาคม	32.56	0.1208	32.37	32.78
2552	มกราคม	41.11	0.1206	40.94	41.31
2552	กุมภาพันธ์	47.21	0.1199	47.02	47.4
2552	มีนาคม	52.7	0.1353	52.52	52.88
2552	เมษายน	52.7	0.1361	52.53	52.9
2552	พฤษภาคม	52.18	0.1386	51.99	52.35
2552	มิถุนายน	48.08	0.1362	47.88	48.27
2552	กรกฎาคม	49.94	0.1315	49.75	50.14
2552	สิงหาคม	58.78	0.1202	58.59	58.96
2552	กันยายน	58.75	0.1083	58.55	58.93
2552	ตุลาคม	63.12	0.1307	62.92	63.32
2552	พฤศจิกายน	69.47	0.1124	69.3	69.65
2552	ธันวาคม	77.53	0.1211	77.35	77.71
2553	มกราคม	87.92	0.1388	87.72	88.13
2553	กุมภาพันธ์	93.8	0.1332	93.61	94.02
2553	มีนาคม	100.5	0.1102	100.3	100.7
2553	เมษายน	107.5	0.1275	107.3	107.7
2553	พฤษภาคม	96.88	0.1261	96.67	97.04

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2553	มิถุนายน	100.7	0.1508	100.5	100.9
2553	กรกฎาคม	97.71	0.1366	97.51	97.91
2553	สิงหาคม	96.45	0.1782	96.26	96.63
2553	กันยายน	98.09	0.1445	97.9	98.29
2553	ตุลาคม	101.5	0.1338	101.3	101.7
2553	พฤศจิกายน	115.7	0.13	115.5	115.9
2553	ธันวาคม	126	0.1192	125.8	126.2
2554	มกราคม	134.4	0.1169	134.2	134.6
2554	กุมภาพันธ์	152.3	0.1271	152	152.5
2554	มีนาคม	129.7	0.1271	129.5	129.9
2554	เมษายน	147.1	0.106	146.9	147.3
2554	พฤษภาคม	135.2	0.141	135	135.4
2554	มิถุนายน	131.5	0.1493	131.3	131.7
2554	กรกฎาคม	125	0.1311	124.8	125.2
2554	สิงหาคม	120.4	0.1289	120.2	120.6
2554	กันยายน	116.1	0.1233	115.9	116.2
2554	ตุลาคม	105.9	0.1408	105.7	106.1
2554	พฤศจิกายน	84.71	0.1236	84.53	84.92
2554	ธันวาคม	86.1	0.1142	85.91	86.3
2555	มกราคม	92.1	0.147	91.9	92.31
2555	กุมภาพันธ์	107.4	0.1281	107.2	107.6
2555	มีนาคม	110.6	0.16	110.4	110.9
2555	เมษายน	104.6	0.172	104.4	104.8
2555	พฤษภาคม	99.15	0.1198	98.95	99.34
2555	มิถุนายน	86.83	0.1386	86.64	87.04

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2555	กรกฎาคม	86.36	0.1305	86.17	86.54
2555	สิงหาคม	77.55	0.1171	77.37	77.73
2555	กันยายน	79.5	0.1171	79.3	79.68
2555	ตุลาคม	82.8	0.1451	82.58	82.96
2555	พฤศจิกายน	74.91	0.1165	74.7	75.08
2555	ธันวาคม	77.94	0.1348	77.77	78.12
2556	มกราคม	82.18	0.1235	81.97	82.38
2556	กุมภาพันธ์	79.71	0.1679	79.52	79.92
2556	มีนาคม	78.43	0.1363	78.23	78.62
2556	เมษายน	73.06	0.1191	72.87	73.25
2556	พฤษภาคม	79.79	0.1335	79.59	79.99
2556	มิถุนายน	70	0.1428	69.79	70.21
2556	กรกฎาคม	67	0.1257	66.8	67.2
2556	สิงหาคม	66.76	0.1318	66.57	66.96
2556	กันยายน	75	0.1395	74.81	75.18
2556	ตุลาคม	72.16	0.1172	71.99	72.35
2556	พฤศจิกายน	69.55	0.1096	69.35	69.75
2556	ธันวาคม	71.72	0.1217	71.52	71.9
2557	มกราคม	60.67	0.1527	60.47	60.86
2557	กุมภาพันธ์	58.05	0.1515	57.88	58.26
2557	มีนาคม	66.14	0.1787	65.96	66.36
2557	เมษายน	62.83	0.1155	62.65	63.02
2557	พฤษภาคม	61.64	0.1302	61.45	61.84
2557	มิถุนายน	62.38	0.131	62.18	62.58
2557	กรกฎาคม	58	0.1177	57.8	58.19

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2557	สิงหาคม	52.86	0.1422	52.65	53.04
2557	กันยายน	46.2	0.1246	45.99	46.39
2557	ตุลาคม	46.05	0.1148	45.89	46.25
2557	พฤศจิกายน	47.6	0.1544	47.4	47.77
2557	ธันวาคม	40.52	0.1498	40.32	40.72
2558	มกราคม	41.55	0.1093	41.36	41.75
2558	กุมภาพันธ์	44.42	0.1271	44.2	44.63
2558	มีนาคม	48.52	0.1259	48.33	48.7
2558	เมษายน	47.58	0.1603	47.38	47.77
2558	พฤษภาคม	55.68	0.131	55.47	55.88
2558	มิถุนายน	56.69	0.1339	56.5	56.86
2558	กรกฎาคม	47.76	0.1096	47.57	47.95
2558	สิงหาคม	44.8	0.1313	44.62	45.02
2558	กันยายน	41.62	0.1142	41.43	41.83
2558	ตุลาคม	39.33	0.1297	39.14	39.52
2558	พฤศจิกายน	37.4	0.1504	37.2	37.59
2558	ธันวาคม	35.55	0.1104	35.37	35.73
2559	มกราคม	34.42	0.1342	34.23	34.61
2559	กุมภาพันธ์	36.05	0.1389	35.85	36.25
2559	มีนาคม	46.04	0.1178	45.86	46.21
2559	เมษายน	57.24	0.1237	57.05	57.43
2559	พฤษภาคม	57.21	0.1199	57.02	57.39
2559	มิถุนายน	48.68	0.1263	48.49	48.88
2559	กรกฎาคม	48.79	0.1223	48.6	48.98
2559	สิงหาคม	49.84	0.1194	49.65	50.02

ตารางภาคผนวกที่ 2 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2559	กันยายน	49.18	0.1193	48.98	49.38
2559	ตุลาคม	53.02	0.1494	52.82	53.22
2559	พฤศจิกายน	56.38	0.1329	56.19	56.56
2559	ธันวาคม	63.52	0.1192	63.32	63.71
2560	มกราคม	62.41	16.85	29.6	95.75
2560	กุมภาพันธ์	62.84	23.92	16.53	110
2560	มีนาคม	63.99	29.29	6.775	122.3
2560	เมษายน	65.64	34.19	-0.4015	134.1
2560	พฤษภาคม	67.55	37.97	-6.621	142.5
2560	มิถุนายน	68.91	41.76	-12.52	151.2
2560	กรกฎาคม	69.15	45.18	-17.94	159.3
2560	สิงหาคม	68.2	48.29	-25.42	165.2
2560	กันยายน	66.79	51.37	-32.77	171.4
2560	ตุลาคม	64.73	54.15	-38.46	174.1
2560	พฤศจิกายน	62.64	56.68	-44.85	179.4
2560	ธันวาคม	61.31	59.48	-51.47	183.3

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบตัวแปรหุ่น

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2545	กุมภาพันธ์	215.9	2.154	212.5	220.4
2545	มีนาคม	229.8	1.784	226.1	233.5
2545	เมษายน	180.2	2.037	176.2	183.8
2545	พฤษภาคม	176.8	2.496	173.1	181
2545	มิถุนายน	234.3	2.446	230.1	237.8
2545	กรกฎาคม	222.3	2.458	218.4	226.5
2545	สิงหาคม	233.9	2.082	230.2	237.9
2545	กันยายน	269.8	1.833	266	273.4
2545	ตุลาคม	277.7	2.059	273.8	281.7
2545	พฤศจิกายน	256.2	1.897	252.4	259.8
2545	ธันวาคม	233.2	1.968	229.6	237.2
2546	มกราคม	317.5	2.266	313	321.1
2546	กุมภาพันธ์	327.6	2.126	323.8	331.3
2546	มีนาคม	319.3	2.375	315.4	323.2
2546	เมษายน	212.2	2.045	208.5	216.1
2546	พฤษภาคม	218.9	2.593	215.4	222.9
2546	มิถุนายน	231.7	2.185	228	235.4
2546	กรกฎาคม	251	2.119	247.3	254.6
2546	สิงหาคม	220.4	1.943	216.9	224.3
2546	กันยายน	265.5	2.027	261.7	269.3
2546	ตุลาคม	245.3	2.145	241.4	249.1
2546	พฤศจิกายน	218.4	1.877	214.9	222.5
2546	ธันวาคม	280	2.152	275.9	283.5
2547	มกราคม	253.6	1.91	249.9	257.4

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2547	กุมภาพันธ์	269.2	1.953	265.3	272.8
2547	มีนาคม	264.8	1.924	260.9	268.5
2547	เมษายน	209.4	2.018	205.7	213.2
2547	พฤษภาคม	219.4	1.979	215.7	223.1
2547	มิถุนายน	220.3	2.022	216.7	224.2
2547	กรกฎาคม	250.3	1.851	246.5	253.8
2547	สิงหาคม	251.4	2.04	247.2	254.9
2547	กันยายน	175.3	1.841	172.3	179.1
2547	ตุลาคม	338.4	2.105	334.3	341.7
2547	พฤศจิกายน	278.3	2.043	274.9	282.3
2547	ธันวาคม	291.5	2.19	287.7	295.1
2548	มกราคม	270.1	1.853	266	273.9
2548	กุมภาพันธ์	259.3	1.922	255.5	263.1
2548	มีนาคม	263.2	2.044	259.6	267
2548	เมษายน	207.5	1.966	203.4	211
2548	พฤษภาคม	216.1	2.057	211.9	219.7
2548	มิถุนายน	201.8	1.988	197.9	205.7
2548	กรกฎาคม	240.2	1.921	236.5	244
2548	สิงหาคม	271.4	2.067	267.3	275
2548	กันยายน	264.1	1.835	260.4	267.9
2548	ตุลาคม	242.4	2.293	238.5	246.3
2548	พฤศจิกายน	268.9	2.289	265	272.7
2548	ธันวาคม	243.2	2.208	239.4	247
2549	มกราคม	254.5	1.969	250.7	258.2
2549	กุมภาพันธ์	264.4	1.91	260.5	268.3

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2549	มีนาคม	263.3	2.011	259.4	266.9
2549	เมษายน	203.5	2.005	199.6	207.3
2549	พฤษภาคม	214.9	2.018	211.1	218.8
2549	มิถุนายน	212.5	1.807	209	215.9
2549	กรกฎาคม	235.8	1.941	232	239.6
2549	สิงหาคม	268.5	2.397	264.3	272.4
2549	กันยายน	264.4	2.213	260.4	268.2
2549	ตุลาคม	276.9	1.992	273.3	280.5
2549	พฤศจิกายน	299.7	2.113	295.6	303.4
2549	ธันวาคม	300.1	2.061	296.2	303.7
2550	มกราคม	264.8	2.097	261	268.6
2550	กุมภาพันธ์	247.9	2.258	244.2	251.5
2550	มีนาคม	249.5	2.083	246	253.6
2550	เมษายน	199.7	2.007	195.5	203.3
2550	พฤษภาคม	197.9	2.444	194.2	202
2550	มิถุนายน	220.3	2.011	216.7	224.1
2550	กรกฎาคม	244.8	2.074	240.9	248.9
2550	สิงหาคม	278.1	1.915	274.3	281.6
2550	กันยายน	250.6	2.078	246.8	254.9
2550	ตุลาคม	268.5	2.075	264.7	272.5
2550	พฤศจิกายน	264.2	2.053	260.5	267.9
2550	ธันวาคม	279.6	1.854	275.7	282.9
2551	มกราคม	285.1	2.111	280.8	288.8
2551	กุมภาพันธ์	231.9	2.106	228.1	236.1
2551	มีนาคม	245.2	1.996	241	249

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2551	เมษายน	211	1.89	207.3	214.8
2551	พฤษภาคม	210.3	1.934	206.5	214.4
2551	มิถุนายน	214.4	2.22	210.2	218.1
2551	กรกฎาคม	257.8	2.011	254	261.5
2551	สิงหาคม	256.4	1.902	252.8	260.4
2551	กันยายน	277.5	2.016	273.5	281.3
2551	ตุลาคม	267.3	1.867	263.6	270.9
2551	พฤศจิกายน	188.1	1.952	184.7	192
2551	ธันวาคม	187.1	2.195	183.4	190.8
2552	มกราคม	225.4	2.006	221.6	229.2
2552	กุมภาพันธ์	258.2	2.008	254.3	262
2552	มีนาคม	232.4	1.806	229	236.3
2552	เมษายน	176.2	2.075	172.3	180
2552	พฤษภาคม	168.9	2.296	164.9	172.7
2552	มิถุนายน	204.4	1.797	200.7	208.2
2552	กรกฎาคม	234.6	1.909	230.7	238.2
2552	สิงหาคม	225.9	2.139	221.9	230.1
2552	กันยายน	214.4	2.315	210.4	218.5
2552	ตุลาคม	236.1	2.148	232.2	240
2552	พฤศจิกายน	257.7	1.961	253.7	261.3
2552	ธันวาคม	304.4	2.208	300.6	308.1
2553	มกราคม	284.3	1.914	280.6	287.8
2553	กุมภาพันธ์	246.7	2.237	242.5	250.4
2553	มีนาคม	232.2	1.994	228.5	236.2
2553	เมษายน	152.3	2.206	148.8	156.3

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2553	พฤษภาคม	185.9	1.969	182.2	189.7
2553	มิถุนายน	227.8	2.271	224.1	231.5
2553	กรกฎาคม	220.9	2.04	216.7	224.8
2553	สิงหาคม	241.9	2.296	237.9	245.8
2553	กันยายน	241.1	1.851	237.4	245
2553	ตุลาคม	227.6	1.838	224	231.3
2553	พฤศจิกายน	226.5	2.746	222.5	230.9
2553	ธันวาคม	246.4	1.999	242.5	250
2554	มกราคม	255.5	1.994	251.4	259.7
2554	กุมภาพันธ์	250.1	2.177	246.2	254.1
2554	มีนาคม	274.5	1.865	270.4	278.1
2554	เมษายน	187.6	2.015	183.8	191.4
2554	พฤษภาคม	213.7	1.9	209.9	217.6
2554	มิถุนายน	221.2	2.157	217.4	225
2554	กรกฎาคม	247.5	1.973	243.7	251.2
2554	สิงหาคม	265.8	2.228	261.7	269.4
2554	กันยายน	263.7	2.346	260.1	267.7
2554	ตุลาคม	275.7	1.839	271.9	279.5
2554	พฤศจิกายน	260.1	1.862	256.3	263.7
2554	ธันวาคม	281.5	2.161	277.7	285.4
2555	มกราคม	277	1.904	273.1	280.8
2555	กุมภาพันธ์	287.6	2.064	283.2	291.1
2555	มีนาคม	265.9	2.056	262.2	269.8
2555	เมษายน	205.5	1.989	201.7	209.3
2555	พฤษภาคม	218.1	2.195	214.1	221.8

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2555	มิถุนายน	210.4	1.878	206.7	214.2
2555	กรกฎาคม	250.4	1.908	246.4	254
2555	สิงหาคม	233.9	2.187	230.1	238.2
2555	กันยายน	256.2	1.969	252.5	260
2555	ตุลาคม	258.2	2.148	254.7	262.3
2555	พฤศจิกายน	253.2	2.112	249.3	257
2555	ธันวาคม	282.5	2.169	278.7	286.2
2556	มกราคม	303.5	2.231	299.5	307.1
2556	กุมภาพันธ์	288.3	2.068	284.6	292
2556	มีนาคม	287.1	2.015	283.5	290.7
2556	เมษายน	236.9	1.883	233	240.5
2556	พฤษภาคม	220.1	2.64	216.4	224.1
2556	มิถุนายน	211.2	1.986	207.7	215
2556	กรกฎาคม	275.5	1.861	271.8	279.3
2556	สิงหาคม	263.6	2.033	259.8	267.4
2556	กันยายน	285	2.023	281	288.6
2556	ตุลาคม	326.1	1.852	322.1	329.8
2556	พฤศจิกายน	340.5	1.999	337	344.3
2556	ธันวาคม	399	2.369	394.7	402.3
2557	มกราคม	327.3	2.256	323.5	331.4
2557	กุมภาพันธ์	329.6	1.932	326.1	333.3
2557	มีนาคม	323.1	1.993	319.3	327
2557	เมษายน	243.1	2.221	239.3	247.1
2557	พฤษภาคม	240.1	1.801	236.4	243.5
2557	มิถุนายน	235.2	2.321	231.3	239.1

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2557	กรกฎาคม	248.1	2.227	244.3	251.8
2557	สิงหาคม	259.7	1.763	255.9	263.5
2557	กันยายน	277.7	1.981	273.9	281.6
2557	ตุลาคม	291.7	2.105	288	295.5
2557	พฤศจิกายน	293.3	1.973	289.9	297.2
2557	ธันวาคม	340.6	1.939	336.7	344.1
2558	มกราคม	302.3	1.966	298.6	306
2558	กุมภาพันธ์	303.2	1.857	299.3	306.9
2558	มีนาคม	327.1	1.984	323.1	331
2558	เมษายน	242	2.194	238.1	246
2558	พฤษภาคม	257.9	2.333	254.2	261.8
2558	มิถุนายน	287.7	2.227	284	291.5
2558	กรกฎาคม	332.7	1.904	329	336.2
2558	สิงหาคม	341.7	2.219	337.8	345.4
2558	กันยายน	309.1	2.197	305.1	313.1
2558	ตุลาคม	322.3	2.094	318.3	325.9
2558	พฤศจิกายน	309.9	1.805	306.2	313.8
2558	ธันวาคม	317.8	1.942	314	321.2
2559	มกราคม	285.8	2.212	281.8	290.1
2559	กุมภาพันธ์	318.1	1.893	314.2	321.8
2559	มีนาคม	335.4	2.294	331.2	339.6
2559	เมษายน	300.2	1.961	295.8	303.9
2559	พฤษภาคม	256.1	2.08	252.4	260
2559	มิถุนายน	248.6	2.037	244.9	252.6
2559	กรกฎาคม	256.8	2.027	252.8	260.8

ตารางภาคผนวกที่ 3 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2559	สิงหาคม	282.3	2.084	278.7	285.9
2559	กันยายน	279.7	2.124	276	283.6
2559	ตุลาคม	295.8	1.993	292.3	299.9
2559	พฤศจิกายน	308.4	2.305	304.4	312.3
2559	ธันวาคม	326.1	2.176	322	329.9
2560	มกราคม	333.4	76.2	185.8	483.9
2560	กุมภาพันธ์	351.2	108.2	139.6	562.1
2560	มีนาคม	389.7	133.2	128.1	647.3
2560	เมษายน	337.8	153.9	38.83	644
2560	พฤษภาคม	346.5	172.8	14.46	693.4
2560	มิถุนายน	380.1	189.6	19.25	766.1
2560	กรกฎาคม	413.9	204.5	26.4	829.9
2560	สิงหาคม	425.8	217.3	17.53	878.3
2560	กันยายน	399.7	230.3	-20.25	885.6
2560	ตุลาคม	358.2	241.9	-80.23	873.5
2560	พฤศจิกายน	304.7	254.1	-159.4	846.6
2560	ธันวาคม	272.6	266.2	-205.2	851.3

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าพยากรณ์ผลผลิตยางพารา ในประเทศไทย ที่มีฤดูกาลแบบฟูเรียร์

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2545	กุมภาพันธ์	215.7	0.1457	215.5	216
2545	มีนาคม	229.9	0.1452	229.6	230.1
2545	เมษายน	180.2	0.1458	180	180.5
2545	พฤษภาคม	176.7	0.1461	176.5	176.9
2545	มิถุนายน	234.4	0.1486	234.2	234.7
2545	กรกฎาคม	222.3	0.1514	222.1	222.6
2545	สิงหาคม	233.9	0.1802	233.6	234.1
2545	กันยายน	269.9	0.1282	269.7	270.1
2545	ตุลาคม	277.7	0.1444	277.5	277.9
2545	พฤศจิกายน	256.2	0.1458	256	256.5
2545	ธันวาคม	233.2	0.1298	232.9	233.4
2546	มกราคม	317.6	0.1268	317.3	317.8
2546	กุมภาพันธ์	327.6	0.134	327.3	327.8
2546	มีนาคม	319.3	0.1495	319.1	319.5
2546	เมษายน	212.2	0.1429	212	212.5
2546	พฤษภาคม	218.9	0.1657	218.7	219.1
2546	มิถุนายน	231.7	0.1436	231.5	231.9
2546	กรกฎาคม	251	0.119	250.8	251.2
2546	สิงหาคม	220.3	0.1668	220.1	220.6
2546	กันยายน	265.5	0.1684	265.3	265.8
2546	ตุลาคม	245.3	0.147	245.1	245.5
2546	พฤศจิกายน	218.3	0.1392	218.1	218.5
2546	ธันวาคม	280.1	0.1557	279.8	280.3
2547	มกราคม	253.5	0.1439	253.3	253.8

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2547	กุมภาพันธ์	269.2	0.1263	268.9	269.4
2547	มีนาคม	264.8	0.1255	264.5	265
2547	เมษายน	209.3	0.1165	209.1	209.6
2547	พฤษภาคม	219.4	0.1065	219.2	219.6
2547	มิถุนายน	220.3	0.1319	220.1	220.5
2547	กรกฎาคม	250.3	0.1371	250.1	250.5
2547	สิงหาคม	251.4	0.1279	251.2	251.6
2547	กันยายน	175.2	0.1376	175	175.5
2547	ตุลาคม	338.5	0.1467	338.3	338.8
2547	พฤศจิกายน	278.2	0.1358	278	278.4
2547	ธันวาคม	291.6	0.15	291.3	291.8
2548	มกราคม	270.1	0.1558	269.9	270.3
2548	กุมภาพันธ์	259.4	0.1181	259.1	259.6
2548	มีนาคม	263.2	0.1364	263	263.5
2548	เมษายน	207.5	0.1756	207.3	207.8
2548	พฤษภาคม	216.1	0.1292	215.9	216.3
2548	มิถุนายน	201.7	0.1475	201.5	201.9
2548	กรกฎาคม	240.1	0.1278	239.9	240.4
2548	สิงหาคม	271.4	0.1458	271.1	271.6
2548	กันยายน	264.1	0.1616	263.9	264.3
2548	ตุลาคม	242.3	0.1477	242.1	242.5
2548	พฤศจิกายน	269	0.1548	268.7	269.2
2548	ธันวาคม	243.2	0.1363	243	243.4
2549	มกราคม	254.5	0.1453	254.2	254.7
2549	กุมภาพันธ์	264.5	0.1434	264.2	264.7

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2549	มีนาคม	263.3	0.1526	263.1	263.6
2549	เมษายน	203.5	0.1401	203.3	203.7
2549	พฤษภาคม	214.9	0.1574	214.7	215.2
2549	มิถุนายน	212.5	0.1272	212.3	212.7
2549	กรกฎาคม	235.8	0.1849	235.6	236.1
2549	สิงหาคม	268.5	0.1473	268.2	268.7
2549	กันยายน	264.4	0.1414	264.2	264.6
2549	ตุลาคม	276.8	0.1234	276.6	277.1
2549	พฤศจิกายน	299.7	0.1311	299.5	300
2549	ธันวาคม	300.2	0.1309	300	300.5
2550	มกราคม	264.8	0.1395	264.6	265.1
2550	กุมภาพันธ์	247.9	0.1635	247.6	248.1
2550	มีนาคม	249.4	0.1567	249.2	249.7
2550	เมษายน	199.8	0.1654	199.5	200
2550	พฤษภาคม	197.9	0.1161	197.7	198.1
2550	มิถุนายน	220.3	0.2425	220	220.5
2550	กรกฎาคม	244.7	0.1491	244.5	245
2550	สิงหาคม	278.1	0.1472	277.9	278.3
2550	กันยายน	250.6	0.1387	250.3	250.8
2550	ตุลาคม	268.5	0.1528	268.2	268.7
2550	พฤศจิกายน	264.2	0.1445	263.9	264.4
2550	ธันวาคม	279.7	0.148	279.5	279.9
2551	มกราคม	285.2	0.1424	284.9	285.4
2551	กุมภาพันธ์	231.9	0.1374	231.7	232.1
2551	มีนาคม	245.2	0.1725	245	245.5

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2551	เมษายน	211	0.1433	210.7	211.2
2551	พฤษภาคม	210.3	0.1278	210.1	210.5
2551	มิถุนายน	214.4	0.1424	214.2	214.6
2551	กรกฎาคม	257.8	0.1615	257.6	258.1
2551	สิงหาคม	256.4	0.157	256.2	256.6
2551	กันยายน	277.5	0.1636	277.3	277.7
2551	ตุลาคม	267.3	0.12	267	267.5
2551	พฤศจิกายน	188.1	0.1402	187.8	188.3
2551	ธันวาคม	187.1	0.1207	186.9	187.4
2552	มกราคม	225.4	0.133	225.2	225.6
2552	กุมภาพันธ์	258.2	0.152	258	258.5
2552	มีนาคม	232.4	0.1604	232.1	232.6
2552	เมษายน	176.2	0.1574	175.9	176.4
2552	พฤษภาคม	168.9	0.1353	168.7	169.1
2552	มิถุนายน	204.3	0.1462	204.1	204.5
2552	กรกฎาคม	234.6	0.1575	234.4	234.8
2552	สิงหาคม	225.9	0.1501	225.7	226.1
2552	กันยายน	214.3	0.1479	214.1	214.6
2552	ตุลาคม	236.1	0.1495	235.8	236.3
2552	พฤศจิกายน	257.8	0.1552	257.5	258
2552	ธันวาคม	304.5	0.1306	304.3	304.7
2553	มกราคม	284.3	0.1623	284.1	284.5
2553	กุมภาพันธ์	246.7	0.1249	246.5	246.9
2553	มีนาคม	232.2	0.1231	232	232.4
2553	เมษายน	152.3	0.1195	152.1	152.6

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2553	พฤษภาคม	185.9	0.157	185.7	186.1
2553	มิถุนายน	227.8	0.1951	227.6	228
2553	กรกฎาคม	220.9	0.176	220.6	221.1
2553	สิงหาคม	241.9	0.1374	241.6	242.1
2553	กันยายน	241.1	0.1457	240.9	241.4
2553	ตุลาคม	227.6	0.1231	227.4	227.9
2553	พฤศจิกายน	226.4	0.1385	226.2	226.6
2553	ธันวาคม	246.4	0.1359	246.2	246.7
2554	มกราคม	255.5	0.1341	255.3	255.7
2554	กุมภาพันธ์	250.1	0.1301	249.8	250.3
2554	มีนาคม	274.6	0.1798	274.3	274.8
2554	เมษายน	187.5	0.1439	187.3	187.8
2554	พฤษภาคม	213.7	0.1283	213.5	214
2554	มิถุนายน	221.2	0.1311	221	221.5
2554	กรกฎาคม	247.5	0.1333	247.3	247.7
2554	สิงหาคม	265.8	0.1335	265.6	266.1
2554	กันยายน	263.7	0.1678	263.5	263.9
2554	ตุลาคม	275.7	0.1694	275.4	275.9
2554	พฤศจิกายน	260.1	0.1155	259.8	260.3
2554	ธันวาคม	281.6	0.1731	281.4	281.8
2555	มกราคม	277	0.1763	276.8	277.2
2555	กุมภาพันธ์	287.6	0.145	287.4	287.9
2555	มีนาคม	265.8	0.165	265.6	266.1
2555	เมษายน	205.5	0.1501	205.3	205.8
2555	พฤษภาคม	218.1	0.1373	217.9	218.4

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2555	มิถุนายน	210.4	0.1527	210.1	210.6
2555	กรกฎาคม	250.4	0.1378	250.2	250.6
2555	สิงหาคม	233.8	0.1317	233.6	234.1
2555	กันยายน	256.2	0.1434	256	256.4
2555	ตุลาคม	258.2	0.1511	257.9	258.5
2555	พฤศจิกายน	253.2	0.1671	253	253.4
2555	ธันวาคม	282.6	0.1412	282.4	282.8
2556	มกราคม	303.6	0.1332	303.3	303.8
2556	กุมภาพันธ์	288.3	0.1465	288.1	288.6
2556	มีนาคม	287.1	0.1495	286.9	287.4
2556	เมษายน	236.9	0.1448	236.7	237.1
2556	พฤษภาคม	220	0.1262	219.8	220.2
2556	มิถุนายน	211.1	0.1336	210.9	211.3
2556	กรกฎาคม	275.6	0.1336	275.4	275.8
2556	สิงหาคม	263.6	0.1501	263.4	263.8
2556	กันยายน	285	0.1499	284.8	285.2
2556	ตุลาคม	326.1	0.1528	325.9	326.3
2556	พฤศจิกายน	340.5	0.1258	340.3	340.7
2556	ธันวาคม	399.2	0.1366	398.9	399.4
2557	มกราคม	327.2	0.1413	327	327.4
2557	กุมภาพันธ์	329.6	0.1453	329.4	329.8
2557	มีนาคม	323.1	0.1218	322.9	323.4
2557	เมษายน	243.2	0.1343	242.9	243.4
2557	พฤษภาคม	240.1	0.1535	239.9	240.3
2557	มิถุนายน	235.1	0.1375	234.9	235.4

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2557	กรกฎาคม	248	0.1466	247.8	248.3
2557	สิงหาคม	259.7	0.1589	259.4	259.9
2557	กันยายน	277.7	0.1315	277.5	277.9
2557	ตุลาคม	291.6	0.1757	291.4	291.9
2557	พฤศจิกายน	293.3	0.1582	293	293.5
2557	ธันวาคม	340.7	0.1401	340.5	341
2558	มกราคม	302.3	0.1377	302.1	302.5
2558	กุมภาพันธ์	303.2	0.1431	302.9	303.4
2558	มีนาคม	327.1	0.1456	326.9	327.3
2558	เมษายน	242	0.1374	241.7	242.2
2558	พฤษภาคม	257.9	0.1193	257.7	258.2
2558	มิถุนายน	287.7	0.1639	287.4	287.9
2558	กรกฎาคม	332.7	0.1281	332.4	332.9
2558	สิงหาคม	341.7	0.1221	341.5	341.9
2558	กันยายน	309.1	0.1504	308.8	309.3
2558	ตุลาคม	322.3	0.1744	322.1	322.5
2558	พฤศจิกายน	309.9	0.126	309.6	310.1
2558	ธันวาคม	317.8	0.1256	317.6	318.1
2559	มกราคม	285.8	0.1377	285.6	286
2559	กุมภาพันธ์	318.2	0.1492	318	318.4
2559	มีนาคม	335.3	0.1468	335.1	335.6
2559	เมษายน	300.3	0.1348	300.1	300.6
2559	พฤษภาคม	256.1	0.1895	255.9	256.4
2559	มิถุนายน	248.6	0.1134	248.4	248.8
2559	กรกฎาคม	256.8	0.1511	256.5	257

ตารางภาคผนวกที่ 4 (ต่อ)

ปี	เดือน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% Credible Interval	
2559	สิงหาคม	282.3	0.1486	282.1	282.5
2559	กันยายน	279.6	0.1196	279.4	279.9
2559	ตุลาคม	295.8	0.1396	295.5	296
2559	พฤศจิกายน	308.4	0.1593	308.2	308.6
2559	ธันวาคม	326.2	0.1342	325.9	326.4
2560	มกราคม	308.8	70.18	172.3	447
2560	กุมภาพันธ์	288.1	99.9	95.54	489.4
2560	มีนาคม	268.9	121.9	32.95	509.8
2560	เมษายน	257.3	141.2	-13.33	537.7
2560	พฤษภาคม	254.6	158.1	-55.32	564.8
2560	มิถุนายน	261.1	173.9	-75.61	607.4
2560	กรกฎาคม	275.2	187.9	-91.83	654
2560	สิงหาคม	291.9	201.1	-98.3	697.4
2560	กันยายน	307.1	213.5	-101.2	746
2560	ตุลาคม	317.4	226.1	-109.3	791.1
2560	พฤศจิกายน	317	236.3	-128.2	810.4
2560	ธันวาคม	308.9	247.3	-163.4	832.2

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล: ดร. พิษณุ ทองขาว
(Dr. Pitsanu Tongkhow)
ตำแหน่ง: อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
การศึกษา: วศ.ด. (วิศวกรรมอุตสาหการ) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อ-สกุล: นายภิรมย์ ตั้งจิตเพียรผล
(Mr. Pirom Thangchitpianpol)
ตำแหน่ง: อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
การศึกษา: วศ.ม. (วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ