

# ฟังก์ชันฤดูกาลและแนวโน้มในตัวแบบเบย์แบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมสำหรับวิเคราะห์ ผลผลิตและราคาข้าวในประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพ

## A Functions for Seasonality and Trend in Optimal Time Series Bayesian Models for the Efficient Analysis of Rice Price and Yield in Thailand

พรพิศ ศิริมา<sup>1</sup>, พิษณุ ทองขาว<sup>1</sup>, สุนีย์ สัมมาทต<sup>2</sup>, พรรณิการ์ มีอ่อน<sup>2</sup>, สุทธิพงษ์ จำรูญรัตน์<sup>1\*</sup>

Pornpit Sirima<sup>1</sup>, Pitsanu Tongkhaw<sup>1</sup>, Sunee Sammatat<sup>2</sup>, Phannika Mee-on<sup>2</sup>,

\*

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<sup>2</sup>หมวดวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, , Rajamangala University of Technology  
Phra Nakhon, Thailand

<sup>2</sup>Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of  
Technology Phra Nakhon , Thailand

\*Corresponding Author. E-mail: suttipong.j@rmutp.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อใช้หลักการของกระบวนการสโตแคสติกสำหรับสร้างตัวแบบและประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ด้วยวิธีของเบย์ กับข้อมูลราคาจริง ของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% และผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือนในประเทศไทย ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลราคา และผลผลิตของข้าวจะเป็นข้อมูลอนุกรมเวลาโดยมีส่วนประกอบของค่าอัตโนมัติสัมพันธ์ แนวโน้มแบบเอกซ์โพเนนเชียล ค่าผิดปกติ และค่าฤดูกาลที่แตกต่างกันสองรูปแบบได้แก่ฟังก์ชันของฤดูกาลแบบดัมมี่กับฟังก์ชันของฤดูกาลแบบฟูเรียร์ โดยเขียนอัลกอริทึมและโปรแกรม OpenBUGS และประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบต่างๆจากการเขียนโปรแกรมจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม R หลังจากนั้นนำตัวแบบเบย์ที่มีฟังก์ชันของฤดูกาลแบบดัมมี่กับแบบเบย์ที่มีฟังก์ชันของฤดูกาลแบบฟูเรียร์ มาเปรียบเทียบกัน โดยดูจากค่า RMSE MSE และ MAE ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบเบย์ที่มีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นเหมาะสมสำหรับแนวโน้มแบบเอกซ์โพเนนเชียลและมีฟังก์ชันฤดูกาลเป็นแบบดัมมี่ ให้ค่า RMSE MSE และ MAE รายเดือนเฉลี่ยต่ำสุดทั้งหมดทั้งการหาตัวแบบที่เหมาะสม (Model fitting) และการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Model validation)

**คำสำคัญ :** ฟังก์ชันสำหรับฤดูกาล อนุกรมเวลา อัตตสัมพันธ์ ตัวแบบเบย์ วิธีการจำลองสถานการณ์แบบลูกโซ่มาร์คอฟมอนติคาร์โล

Received 19-02-2022

Revised 19-03-2022

Accepted 22-03-2022

## ABSTRACT

This research aims to apply the principle of stochastic process for modeling. The parameters are estimated using Bayesian methods. The monthly average real price of 15% paddy rice and yield of paddy rice in Thailand were studied. The price and the yield of paddy rice which are time series data consisting of four components, autocorrelation, an exponential cumulative distribution function for trend, outliers, and two different types of seasons: the dummy seasons and Fourier function seasons. Writing algorithms, programming in OpenBUGS and evaluating the performance of models from simulation programming in R were conducted. After that, Bayesian methods with dummy seasons and Fourier function seasons were compared using RMSE, MSE and MAE as the criteria. The results showed that the Bayesian model with an exponential cumulative distribution function for trend and dummy seasons provided the lowest RMSE, MSE and MAE for both model fitting and model validating.

**Keyword:** Seasonal function, Time series, Autoregression, Bayesian model, Markov chain Monte Carlo simulation

### 1. บทนำ

ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีความผันผวนส่วนใหญ่จะแฝงไปด้วยอิทธิพลจาก แนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) วัฏจักร (Cycle) และเหตุการณ์ผิดปกติ (Irregular variation) ปัจจุบันมีการใช้ตัวแบบหลากหลายวิธีที่จะสะกดตามติดข้อมูลเหล่านี้เพื่อที่จะพยากรณ์ให้ใกล้เคียงและแม่นยำมากที่สุด เช่น วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (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) วิธีตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic) [1] เป็นต้น

นอกจากวิธีที่กล่าว [2] ได้เสนอตัวแบบการพยากรณ์ที่มีความซับซ้อน ประกอบด้วย

แนวโน้มที่มีฟังก์ชันเป็น Cumulative weibull ค่าผิดปกติ (Outliers) เป็นแบบ Binary selection อัตตสหสัมพันธ์ (Auto correlation) สำหรับใช้พยากรณ์ปริมาณความต้องการซื้อชิ้นส่วนอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการของเบย์ และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวแบบมาตรฐานอื่นๆ ได้แก่ Exponential smoothing (EXPS) และ Judgmental methods (Judg) พบว่าวิธีที่นำเสนอมีความเหมาะสมมากกว่าวิธี [3-4] และขยายตัวแบบของ [1] โดยประยุกต์ใช้กับข้อมูลราคาผักในประเทศไทย โดยเพิ่มอิทธิพลของฤดูกาลแบบ Regression ที่มีตัวแปรหุ่น (Dummy variable) เข้าไปในตัวแบบและประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธีการของเบย์วิธีการของเบย์สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์กับข้อมูลที่มีความผันผวนที่มีหลายส่วนประกอบของข้อมูลอนุกรมเวลา ทำให้ตัวแบบที่มีความซับซ้อนในการวิเคราะห์ วิธีการดั้งเดิม

Maximum likelihood ไม่สามารถประมาณได้พบว่าตัวแบบที่มีฤดูกาลมีความเหมาะสมมากขึ้น จากที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำมาสร้างตัวแบบสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิต และราคาข้าวของไทยให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น เนื่องจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย และของโลก ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิตข้าวอันดับต้น ๆ ของโลก [5] และมีการส่งออกข้าวมากที่สุดของโลกอย่างต่อเนื่องของยาวนาน อีกทั้งยังเป็นสินค้าเกษตรที่มีการซื้อขายล่วงหน้าในตลาดสินค้าเกษตรล่วงหน้าแห่งประเทศไทย (AFET) ตั้งแต่ 26 สิงหาคม 2547 ถึงปัจจุบัน [6] เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะโดยตรงหรือโดยอ้อมสามารถเข้ามาใช้ประโยชน์ ไม่ว่าจะเป็นการซื้อขายล่วงหน้าเพื่อป้องกันความเสี่ยงด้านราคาหรือเพื่อการลงทุนตลอดจนการนำข้อมูลราคาล่วงหน้าไปใช้วางแผนการผลิต การค้า และด้านอื่น ๆ ทั้งในอุตสาหกรรมหลักและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง (สำนักงานคณะกรรมการกำกับกรซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า) และตัวแบบที่ได้จากงานวิจัยนี้ก็สามารถนำไปใช้ในการประมาณการเพื่อวิเคราะห์ และพยากรณ์ข้อมูลราคาจริง และราคาในตลาดล่วงหน้าของข้าวในประเทศไทย เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่เก็บเกี่ยวตามฤดูกาล ผู้วิจัยจึงสนใจหารูปแบบของอิทธิพลของฤดูกาลที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในตัวของ [4] ที่ประกอบด้วยแนวโน้ม อัตตสัมพันธ์ ค่าผิดปกติ และฤดูกาล เพื่อให้ได้ตัวแบบที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิเคราะห์ผลผลิต และราคาข้าวในประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ฟังก์ชันฤดูกาล และแนวโน้มในตัวแบบอนุกรมเวลา

เหมาะสมในครั้งนี้นำข้อมูลราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% รายเดือนที่เกษตรกรขายได้ที่ไร่นาทั้งประเทศ ปี 2544 – 2564 จำนวน 240 เดือน และข้อมูลผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่ปี 2550-2563 จำนวน 168 เดือนจากสำนักงานสถิติการเกษตร [7] โดยตัวแปรสำหรับการวิจัยมีตัวแปรต้นคือแนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) ค่าผิดปกติ (Irregular variation) ค่าอัตตสหสัมพันธ์ (Autocorrelation) ตัวแปรตามคือราคาข้าวเปลือกเจ้ารายเดือนและผลผลิตข้าวนาปี รายเดือน [8] อธิบายกระบวนการสโตแคสติกจากตัวแบบพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีการของเบย์ และใช้การประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี Markov chain Monte Carlo (MCMC) โดยสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ (Gibbs sampling) ที่มีตัวแปรตามมีค่าต่อเนื่อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงกำหนดให้มีการแจกแจงแบบปกติ และตัวแปรต้นเป็นฟังก์ชันต่าง ๆ มีรายละเอียดของตัวแบบคือ

$$Y_t \sim N\left(\gamma(\Delta W(t|\alpha, \delta) + A_t) + \sum_{i=1}^{s-1} \omega_i S_{it}, [\gamma(1 + \zeta_i)\sigma_Y]^2\right)$$

ซึ่ง ค่าเฉลี่ยของ  $Y_t$  แสดงในสมการที่ (1)

$$E(Y_t) = \gamma(\Delta W(t|\alpha, \delta) + A_t) + \sum_{i=1}^{s-1} \omega_i S_{it} \quad (1)$$

ค่าความแปรปรวนของ  $Y_t$  แสดงในสมการที่ (2)

$$\text{Var}(Y_t) = [\gamma(1 + \zeta_i)\sigma_Y]^2 \quad (2)$$

เมื่อ  $\gamma$  ค่าคาดหวังของ  $Z$  ซึ่งค่า  $Z$  คือผลรวมของข้อมูลอนุกรมเวลาในช่วงเวลาที่ศึกษา  $W(t|\alpha, \delta)$  คือการแจกแจงสะสมของแนวโน้ม ได้แก่ เอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential)  $A_t$  ค่าอัตตสหสัมพันธ์ที่ซ่อนเร้นอยู่ ณ เวลา  $t$  เมื่อ

$\zeta_t$  เป็นค่าผิดปกติ ณ เวลา  $t$   $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{s-1}$  เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรตามมีของฤดูกาล  $S_{1t}, \dots, S_{s-1t}$  เป็นค่าฤดูกาล ณ เวลา  $t$  และ  $\sigma_Y^2$  คือค่าความแปรปรวนโดยทั่วไปของ  $Y_t$  และฤดูกาลที่เป็นแบบฟูเรียร์พื้นฐาน ที่อยู่ในรูปดังนี้

$$\omega_1 \sin(2\pi t / 12) + \omega_2 \cos(2\pi t / 12)$$

สำหรับการกำหนดค่าการแจกแจงของความน่าจะเป็นก่อน (Prior) ต่างๆ ในตัวแบบด้วยวิธีการของเบย์

$$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{s-1} \sim N(0, 1.0E06)$$

$$p(\sigma_Y^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$

มีแนวโน้มคือ

$$\Delta W(t | \alpha, \delta) = W(t | \alpha, \delta) - W(t-1 | \alpha, \delta)$$

เมื่อ

$$\alpha \sim N_{[0, \infty)}(\mu_\alpha, \sigma_\alpha^2), p(\mu_\alpha) \sim N(0, 1.0E06),$$

$$p(\sigma_\alpha^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$

$$\delta \sim N_{[0, \infty)}(\mu_\delta, \sigma_\delta^2), p(\mu_\delta) \sim N(0, 1.0E06),$$

$$p(\sigma_\delta^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$

CDF(exp) เป็นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของเอ็กซ์โพเนนเชียลดังสมการที่ (3)

$$F(y; \alpha) = \begin{cases} 1 - e^{-\alpha y}, & y \geq 0 \\ 0, & y < 0 \end{cases} \quad (3)$$

และ แสดงด้วยภาพกราฟเมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์มีค่าต่างๆกันดังภาพที่ 1 โดยมีค่าค่าอัตรสหสัมพันธ์ที่ซ่อนเร้นอยู่: AR(i) คือ

$$A_t \sim N(\lambda A_{t-1}, \sigma_A^2), p(\sigma_A^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.001)$$

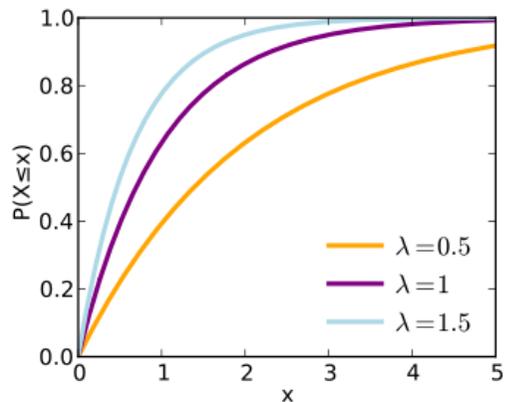
$$\lambda \sim N(0, 1.0E06), A_0 = 0$$

ค่าผิดปกติคือ  $\zeta_t \sim \text{Bern}(0.05)$

ค่าคาดหวังของผลรวมของข้อมูลอนุกรมเวลาในช่วงเวลาที่ศึกษาคือ

$$\gamma \sim N_{[0, \infty)}(\mu_\gamma, \sigma_\gamma^2), p(\mu_\gamma) \sim N(0, 1.0E06)$$

$$p(\sigma_\gamma^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$



ภาพที่ 1 กราฟฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของเอ็กซ์โพเนนเชียล เมื่อกำหนดค่าต่างๆของพารามิเตอร์ (ค่า  $\lambda = \alpha$  สำหรับในงานวิจัยนี้

มีผลรวมของข้อมูลอนุกรมเวลาในช่วงเวลาที่ศึกษาคือ

$$Z \sim N(\gamma, \sigma_Z^2), p(\sigma_Z^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$

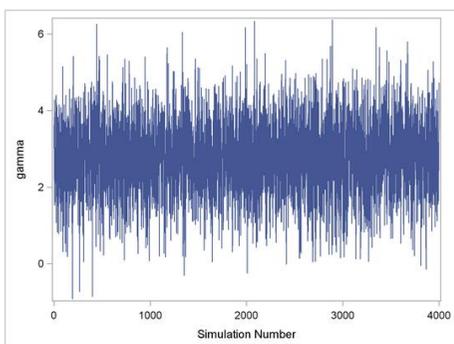
ได้สมการพยากรณ์ข้อมูลในอนาคตสามารถอธิบายในรูปของฟังก์ชันการแจกแจงของโพสเทียเรีย (posterior) คือ

$$p(Y_{t+1}/Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_1) = \int \dots \int p(Y_{t+1}/\theta) p(\theta/Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_1) d\theta$$

หรือ

$$p(Y_{t+1}/Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_1) \propto \int \dots \int p(Y_{t+1}/\theta) p(Y_t, Y_{t-1}, \dots, Y_1/\theta) p(\theta) d\theta$$

สำหรับสมการพยากรณ์ข้อมูลไปข้างหน้า โดยการอินทิเกรตซึ่งทำการประมาณค่าคำตอบโดยใช้ MCMC แบบ Gibbs sampling ซึ่งจะได้ค่าประมาณของ  $\hat{Y}_{t+1}$  สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบ [9] เมื่อค่า MSE (Mean squared error) MAPE (Mean absolute percentage error) และ MAE (Mean absolute error) มีค่าต่ำ แสดงถึงวิธีการพยากรณ์นั้นมีความถูกต้องมาก สำหรับการตรวจสอบการลู่เข้าของ MCMC โดยดูที่ Trace plots เป็นตัวชี้วัดตัวหนึ่งที่สามารถตรวจสอบการลู่เข้าของ MCMC ซึ่งจะสามารถบอกได้ว่า chain ของพารามิเตอร์แต่ละตัวลู่เข้าหรือไม่ลู่เข้าสู่ Stationary distribution และยังเป็นตัวช่วยบอกระยะเวลาในการลู่เข้า Trace plots และยังสามารถบอกแนวโน้มการจะลู่เข้าได้อีกด้วย ดังตัวอย่างในภาพที่ 1 ที่แสดง Trace plots ที่ลู่เข้าสู่ Stationary distribution ที่ดี [10] ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Trace plots ที่ลู่เข้าสู่ Stationary distribution ที่ดีของ Gamma

ประสิทธิภาพของตัวประมาณจะถูกประเมินจาก 3 ตัว ที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปซึ่งได้แก่ Relative bias (RB) Mean squared error (MSE) และ the Coverage probability (CP) ซึ่งตัวประเมินแต่ละตัวจะคำนวณจากเซตของข้อมูลที่เป็นอิสระกันจากการจำลองสถานการณ์ที่มาจากกระบวนการของ MCMC โดยที่มี  $T$  เซต โดยที่  $T = T_1, \dots, T_B$  และ  $S$  มีจำนวนที่ใหญ่พอ สามารถแสดงสูตรของตัวประเมินแต่ละตัวดังสมการ (4-6)

$$RB(\hat{\mu}_Y) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \frac{\hat{\mu}_Y^{(b)} - \mu}{\mu} \quad (4)$$

$$MSE(\hat{\mu}_Y) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B (\hat{\mu}_Y^{(b)} - \mu)^2 \quad (5)$$

$$CP(\hat{\mu}_Y) = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B I(\hat{\mu}_L^{(b)} < \mu < \hat{\mu}_U^{(b)}) \quad (6)$$

การวัดความถูกต้องแม่นยำของการพยากรณ์ [11] นั้นเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสมกับข้อมูลอนุกรมเวลาในแต่ละชุด วิธีวัดความถูกต้องแม่นยำของการพยากรณ์นั้นมีหลายวิธีแต่วิธีที่ใช้กันมากก็คือเราจะใช้การพิจารณาจากค่าวัดความถูกต้อง ซึ่งต่างเป็นฟังก์ชันของค่าความคลาดเคลื่อน  $e_t$  โดยที่  $e_t$  เป็นผลต่างของค่าจริง ( $Y_t$ ) กับค่าพยากรณ์ ( $\hat{Y}_t$ ) ณ เวลา  $t$  จากสมการต่าง ๆ ดังนี้

วิธี Root mean squared error (RMSE)

$$= \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}} \quad (7)$$

วิธี Mean Squared Error (MSE)

$$= \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n} \quad (8)$$

วิธี MSE เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไป ข้อเสียของวิธีนี้คือไม่มีฐานการเปรียบเทียบ และถ้า MSE มีค่าสูงอาจเป็นเพราะมีความคลาดเคลื่อนสูง หรือขึ้นอยู่กับขนาดของข้อมูล

วิธี Mean Absolute Error (MAE)

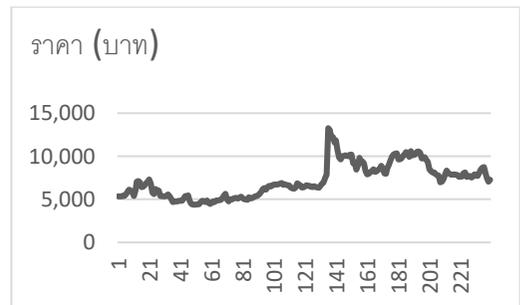
$$= \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n} \quad (9)$$

วิธี MAE เป็นหนึ่งในวิธีที่ถูกรับ และที่ใช้ในการเปรียบเทียบมากสำหรับอนุกรมเวลาเหมือนกัน

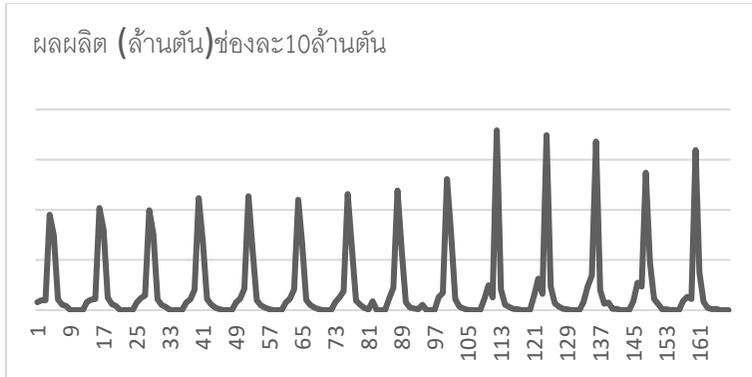
### 3. ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการวิเคราะห์ผลผลิต และราคาข้าวในประเทศไทยอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้ฟังก์ชันฤดูกาล และแนวโน้มในตัวแบบอนุกรมเวลาที่เหมาะสมโดยใช้หลักการทางกระบวนการสโตแคสติกด้วยวิธีการของเบย์ในการประมาณค่าพารามิเตอร์วิธี Markov chain monte carlo (MCMC) และสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ Sampling ที่มีตัวแปรตามมีค่าต่อเนื่อง จึงกำหนดให้มีการแจกแจงแบบปกติ และตัวแปรต้นเป็นฟังก์ชันต่าง ๆ และประมาณค่าพารามิเตอร์ดังที่ได้แสดงต่อจากนี้ เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แล้ว จึงนำมาใช้พยากรณ์ไปข้างหน้ากับข้อมูลที่เก็บไว้จำนวนอีก 12 เดือนสุดท้ายเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจริงด้วยวิธีการโดยใช้หลักการทางกระบวนการสโตแคสติก แบบเบย์ในตัว

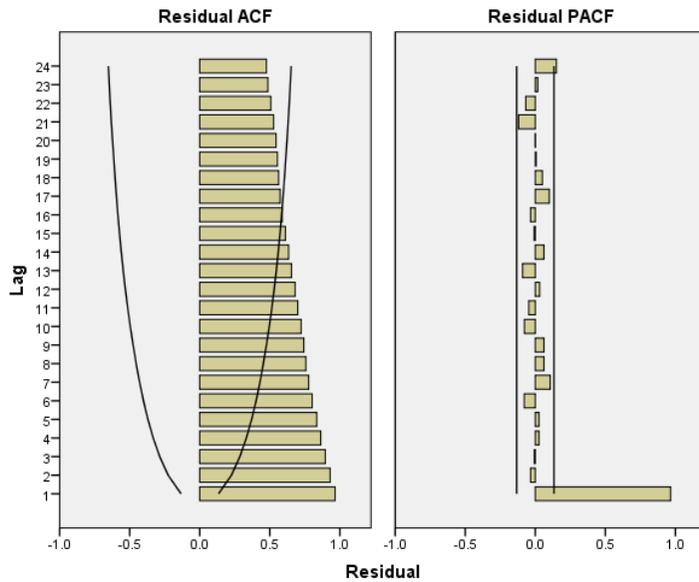
แบบการพยากรณ์แบบเบย์ที่มีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นเหมาะสมสำหรับแนวโน้มแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่ได้จากงานวิจัยก่อนหน้ามาแล้ว และมีฤดูกาลที่นำมาเปรียบเทียบกัน 2 ตัวแบบ ได้แก่ ฤดูกาลแบบต้มมีกับฤดูกาลแบบฟูเรียร์ ซึ่งผลต่าง ๆ มีรายละเอียดดังนี้ ภาพที่ 3-6 แสดงกราฟลักษณะแนวโน้มของข้อมูลราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% เฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่ปี 2544-2564 จำนวน 240 เดือน และแนวโน้มของข้อมูลผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่ปี 2550-2563 จำนวน 168 เดือน ภาพที่ 6-7 แสดง การวัดสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ด้วยกราฟ Autocorrelation function (ACF) และ Partial autocorrelation function (PACF) จากภาพที่ 3-4 แสดงการวิเคราะห์ลักษณะของราคาและผลผลิตข้าว แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีแนวโน้ม มีข้อมูลบางตัวสูงและต่ำผิดปกติจากตัวอื่น ๆ แสดงว่าข้อมูลมีบางตัวเป็นข้อมูลที่ผิดปกติ และภาพที่ 6-7 เมื่อดูจากกราฟของ Autocorrelation function และ Partial autocorrelation function แสดงให้เห็นว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างน้อย 1 lag แต่ lag 1 มีความสัมพันธ์กันมากกว่า lag อื่น ๆ เพราะแท่งสูงกว่าแท่งอื่น ๆ ของทั้งราคาและผลผลิตของข้าว



ภาพที่ 3 กราฟราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% เฉลี่ยรายเดือน



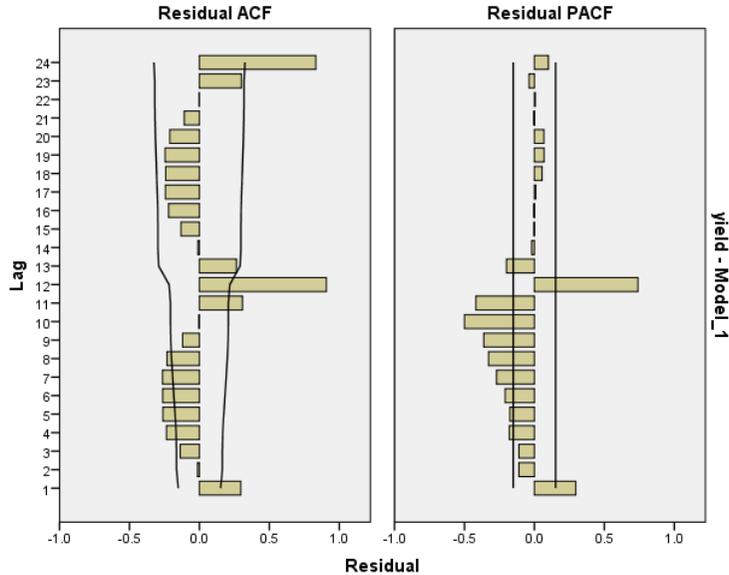
ภาพที่ 4 กราฟข้อมูลผลผลิตข้าวหน้าปี เฉลี่ยรายเดือน



ภาพที่ 5 การวัดสหสัมพันธ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% เฉลี่ยรายเดือน

ดังนั้นจึงนำลักษณะของข้อมูลที่ได้ไปใช้หลักการทางกระบวนการสโตแคสติก สร้างตัวแบบตามที่ได้ออกแบบไว้ในวิธีดำเนินการวิจัย โดยมีส่วนประกอบต่างๆดังนี้คือ มีแนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) ทั้งสองแบบ ค่าผิดพลาด

(Irregular variation) ค่า อัต ต ส ห ส ม พ น ธ์ (Autocorrelation) สำหรับค่าอัตตสหสัมพันธ์ จะเลือกใช้ AR1 lag ของราคาและผลผลิตข้าว



ภาพที่ 6 การวัดสหสัมพันธ์ของข้อมูลผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือน

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นมาสร้างตัวแบบเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลราคาและผลผลิตข้าวแต่ละตัว มีรายละเอียดดังนี้

$$Y_t \sim N\left(\gamma(\Delta W(t|\alpha, \delta) + A_t) + \sum_{i=1}^{s-1} \omega_i S_{it}, [\gamma(1 + \zeta_t)\sigma_Y]^2\right)$$

เมื่อ  $t$  คือราคาและผลผลิตเฉลี่ยของข้าวแต่ละตัวที่เก็บมาตามเวลา โดยที่  $t = 1, 2, \dots, n$  ซึ่งค่าเฉลี่ยของ  $Y_t$  ดังสมการ (10)

$$E(Y_t) = \gamma(\Delta W(t|\alpha, \delta) + A_t) + \sum_{i=1}^{s-1} \omega_i S_{it} \quad (10)$$

ค่าความแปรปรวนของ  $Y_t$  ดังสมการ (11)

$$\text{Var}(Y_t) = [\gamma(1 + \zeta_t)\sigma_Y]^2 \quad (11)$$

กำหนดค่าการแจกแจงความน่าจะเป็นก่อนหน้า (prior) ในตัวแบบด้วยวิธีการของเบย์ คือ

$$\text{ฟังก์ชันฤดูกาลแบบดัมมี่} = \sum_{i=1}^{s-1} \omega_i S_{it} \text{ และ}$$

ฟังก์ชันฤดูกาลแบบฟูเรียร์ คือ

$$= \omega_1 \sin(2\pi t / 12) + \omega_2 \cos(2\pi t / 12)$$

เมื่อ

$$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_{s-1} \sim N(0, 1.0E06)$$

$$p(\sigma_Y^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$

ฟังก์ชันแนวโน้มคือ

$$\Delta W(t|\alpha, \delta) = W(t|\alpha, \delta) - W(t-1|\alpha, \delta)$$

เมื่อ

$$\alpha \sim N_{[0, \infty)}(\mu_\alpha, \sigma_\alpha^2), p(\mu_\alpha) \sim N(0, 1.0E06),$$

$$p(\sigma_\alpha^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$

$$\delta \sim N_{[0, \infty)}(\mu_\delta, \sigma_\delta^2), p(\mu_\delta) \sim N(0, 1.0E06),$$

$$p(\sigma_\delta^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$

ฟังก์ชันค่าอัตโนมัติสหสัมพันธ์ที่ซ่อนเร้นอยู่: AR(i)  
จะเลือกใช้ที่ lag 1 คือ

$$A_t \sim N(\lambda A_{t-1}, \sigma_A^2), p(\sigma_A^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.001)$$

$$\lambda \sim N(0, 1.0E06), A_0 = 0$$

ฟังก์ชันค่าผิดพลาดคือ

$$\zeta_t \sim \text{Bern}(0.05)$$

และค่าคาดหวังของผลรวมของข้อมูลอนุกรม  
เวลาในช่วงเวลาที่ศึกษาคือ

$$\gamma \sim N_{[0, \infty)}(\mu_\gamma, \sigma_\gamma^2), p(\mu_\gamma) \sim N(0, 1.0E06)$$

$$p(\sigma_\gamma^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$

ซึ่งผลรวมของข้อมูลอนุกรมเวลาในช่วงเวลาที่  
ศึกษา

$$Z \sim N(\gamma, \sigma_Z^2), p(\sigma_Z^2) \sim \text{InvGamma}(0.1, 0.0001)$$

จากตัวแบบข้างต้น และกำหนด priors ให้กับ  
พารามิเตอร์ทั้งหมดแล้ว เราจะใช้วิธี Markov chain  
monte carlo (MCMC) สำหรับประมาณ  
ค่าพารามิเตอร์ โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์  
(Gibb sampling) ซึ่งวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ นี้  
จะเหมาะสมกับฟังก์ชันการแจกแจงแบบมีเงื่อนไข  
เมื่อจำนวนรอบของการสุ่มตัวอย่างมาก ๆ มันก็จะลู่  
เข้าสู่ฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นร่วมของ  
Posterior ใด ๆ (Joint posterior distribution)  
สามารถเขียน likelihood ของตัวแบบได้ดังสมการที่ (12)

$$f(Y_1, \dots, Y_n | \gamma, w(t), \alpha, \delta, A_1, \dots, A_n, \omega_1, \dots, \omega_{t-1}, \xi_1, \dots, \xi_n, \sigma_\gamma^2, \lambda, \mu_\alpha, \sigma_\alpha^2, \mu_\delta, \sigma_\delta^2, \mu_\gamma, \sigma_\gamma^2, \sigma_Z^2)$$

$$= \prod_{t=1}^n f(Y_t | \gamma, w(t), \alpha, \delta, A_1, \dots, \omega_{t-1}, \xi_t, \sigma_\gamma^2, \lambda, \mu_\alpha, \sigma_\alpha^2, \mu_\delta, \sigma_\delta^2, \mu_\gamma, \sigma_\gamma^2, \sigma_Z^2)$$

(12)

สำหรับผลของการประเมินประสิทธิภาพของ  
ตัวแบบในการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยวิธี  
MCMC โดยใช้อัลกอริทึมของการสุ่มตัวอย่างแบบ  
กิบส์ โดยทำการเขียนอัลกอริทึมในโปรแกรม  
OpenBUGS [12-13] จากค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณ  
ได้จากข้อมูลจริงมาแล้วจากอัลกอริทึมในโปรแกรม  
OpenBUGS หลังจากนั้นจะใช้ค่าพารามิเตอร์ทุกตัว  
มาทำการจำลองสถานการณ์สร้างชุดข้อมูลมาใหม่อีก  
500 ชุดโดยเขียนอัลกอริทึมในโปรแกรม R [14] และ  
ประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบโดยการประเมิน  
จากพารามิเตอร์ที่สำคัญของแต่ละตัวของฟังก์ชันการ  
แจกแจงความน่าจะเป็นสะสมของแนวโน้มแบบเอ็กซ์  
โพเนนเชียลที่มีฤดูกาลเป็นแบบดัมมี่และแบบฟูเรียร์  
ได้ผลดังตารางที่ 1-4

จากตารางที่ 1-4 พบว่าค่า RB และค่า MSE  
ของพารามิเตอร์แต่ละตัวของฟังก์ชันการแจกแจง  
ความน่าจะเป็นสะสมแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่มี  
ฤดูกาลเป็นแบบดัมมี่ และฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์ มี  
ค่าต่ำมาก และพบว่าค่า CP ของพารามิเตอร์แต่ละตัว  
มีค่าสูงมาก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าประสิทธิภาพของตัว  
แบบทั้งสองตัวแบบในงานวิจัยนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

**ตารางที่ 1** การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบจากพารามิเตอร์ของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ที่มีฤดูกาลเป็นแบบคัมมี

P	RB	MSE	CP	P	RB	MSE	CP
$\sigma_y^2$	0.024	0.453	0.978	$\mu_\gamma$	0.024	0.844	0.952
$\sigma_z^2$	0.028	0.549	0.968	$\sigma_\gamma^2$	0.021	0.375	0.945
$\gamma$	0.023	0.49	0.955	$\mu_\alpha$	0.025	0.95	0.984
$\lambda$	0.025	0.654	0.997	$\sigma_\alpha^2$	0.025	0.546	0.9379
$\alpha$	0.02	0.725	0.946	$\mu_\delta$	0.024	0.451	0.997
$\delta$	0.022	0.394	0.977	$\sigma_\delta^2$	0.022	0.542	0.989

**ตารางที่ 2** การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบจากพารามิเตอร์ของผลผลิตข้าวนาปี ที่มีฤดูกาลเป็นแบบคัมมี

P	RB	MSE	CP	P	RB	MSE	CP
$\sigma_y^2$	0.032	0.411	0.432	$\mu_\gamma$	0.009	0.414	0.975
$\sigma_z^2$	0.035	0.533	0.788	$\sigma_\gamma^2$	0.006	0.423	0.976
$\gamma$	0.012	0.148	0.765	$\mu_\alpha$	0.024	0.32	0.969
$\lambda$	0.011	0.763	0.946	$\sigma_\alpha^2$	0.017	0.345	0.963
$\alpha$	0.007	0.906	0.953	$\mu_\delta$	0.014	0.613	0.976
$\delta$	0.018	0.674	0.678	$\sigma_\delta^2$	0.012	0.487	0.977

ส่วนผลของการประมาณพารามิเตอร์เมื่อทำการสร้างค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากข้อมูลจริงของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% รายเดือนเฉลี่ยจำนวน 240 วันและ ผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือนจำนวน 168 วัน ตัวอย่างผลของ Trace plot ที่แสดงการการลู่เข้าสู่การแจกแจงใดการแจกแจงหนึ่ง

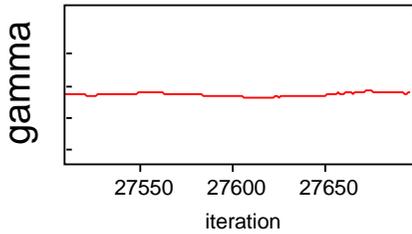
(Stationary distribution) ของพารามิเตอร์บางตัว ( $\gamma$ ) ของราคาและผลผลิตข้าวทั้งสองตัวแบบแสดงได้ดังภาพที่ 7-12 ส่วนพารามิเตอร์ตัวอื่นที่ไม่ได้นำมาแสดงก็จะมีลู่เข้าสู่การแจกแจงใดการแจกแจงหนึ่ง เช่นกัน

**ตารางที่ 3** การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบจากพารามิเตอร์ของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ที่มีฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์

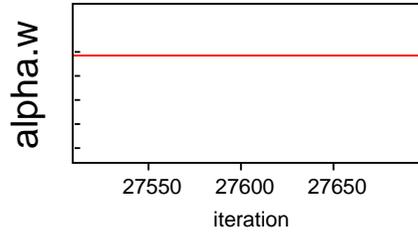
P	RB	MSE	CP	P	RB	MSE	CP
$\sigma_y^2$	0.012	0.444	0.983	$\mu_\gamma$	0.013	0.212	0.975
$\sigma_z^2$	0.002	0.549	0.975	$\sigma_\gamma^2$	0.031	0.329	0.994
$\gamma$	0.011	0.155	0.968	$\mu_\alpha$	0.016	0.872	0.975
$\lambda$	0.017	0.266	0.92	$\sigma_\alpha^2$	0.015	0.253	0.967
$\alpha$	0.012	0.387	0.95	$\mu_\delta$	0.02	0.262	0.989
$\delta$	0.003	0.178	0.929	$\sigma_\delta^2$	0.019	0.483	0.92

**ตารางที่ 4** การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบจากพารามิเตอร์ของผลผลิตข้าวนาปี ที่มีฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์

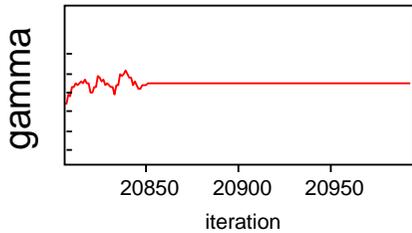
P	RB	MSE	CP	P	RB	MSE	CP
$\sigma_y^2$	0.12	0.476	0.943	$\mu_\gamma$	0.115	0.788	0.921
$\sigma_z^2$	0.118	0.598	0.954	$\sigma_\gamma^2$	0.111	0.658	0.973
$\gamma$	0.106	0.198	0.957	$\mu_\alpha$	0.113	0.854	0.928
$\lambda$	0.131	0.894	0.957	$\sigma_\alpha^2$	0.116	0.178	0.983
$\alpha$	0.017	0.839	0.964	$\mu_\delta$	0.112	0.964	0.906
$\delta$	0.014	0.779	0.952	$\sigma_\delta^2$	0.018	0.456	0.936



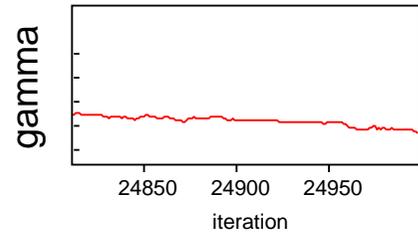
ภาพที่ 7 Trace ของ  $\gamma$  ของราคาข้าวเปลือกเจ้า ความขึ้น 15% เฉลี่ยรายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาล เป็นแบบคัมมี



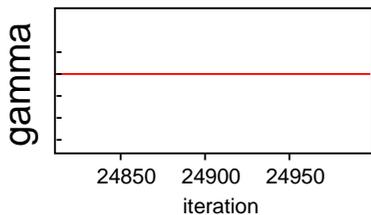
ภาพที่ 8 Trace ของ  $\alpha$  ของราคาข้าวเปลือกเจ้า ความขึ้น 15% เฉลี่ยรายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาล เป็นแบบคัมมี



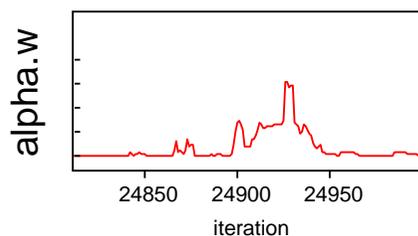
ภาพที่ 9 Trace ของ  $\gamma$  ของผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ย รายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาลเป็นแบบคัมมี



ภาพที่ 10 Trace ของ  $\gamma$  ของราคาข้าวเปลือกเจ้า ความขึ้น 15% เฉลี่ยรายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาล เป็นแบบฟูเรียร์



ภาพที่ 11 Trace ของ  $\gamma$  ของผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ย รายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์



ภาพที่ 12 Trace ของ  $\alpha$  ของผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ย รายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์

จากภาพที่ 7-12 แสดงการลู่เข้าของ MCMC โดยพิจารณาจากกราฟของ Trace plot พบว่า MCMC ลู่เข้าสู่การแจกแจงใดการแจกแจงหนึ่งเมื่อมีการสุ่มตัวอย่างแบบกิบส์ เกินจำนวน 20000 รอบ

โดยตัด 10000 รอบแรกทิ้ง ดังนั้น Trace plot ของ ราคาและผลผลิตข้าว แต่ละตัวแสดงถึงการลู่เข้าของ ทุกพารามิเตอร์ ของตัวแบบทั้งสองตัว ส่วน Trace plot ตัวอื่นๆของทั้งสองตัวแบบที่ไม่ได้นำมาแสดง

พบว่า MCMC ลู่เข้าสู่การแจกแจงใดการแจกแจงหนึ่ง เช่นเดียวกัน ส่วนผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ แสดงได้ดังตารางที่ 5-8 และตัวอื่นๆที่ไม่ได้นำมาแสดง เพื่อนำไปใช้พยากรณ์ค่า  $y_t$  ของราคาและผลผลิต ข้าวเฉลี่ยรายเดือนแต่ละตัวต่อไปจากตารางที่ 5-8 แสดงถึงตัวอย่างของค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญบางตัวของทั้งสองตัวแบบที่ลู่เข้าสู่การแจกแจงใดแจกแจงหนึ่ง แต่ค่าพารามิเตอร์ตัวอื่นๆที่ไม่ได้แสดงในงานวิจัยนี้ก็ได้อู่เข้าสู่การแจกแจงใดแจกแจงหนึ่ง เหมือนอย่างในภาพที่ 8-15 เช่นกัน ที่ประมาณ 30000 รอบขึ้นไป เช่นกัน ซึ่งสรุปได้ว่าค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวจะมีค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลงแล้วจึงยอมรับผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้ในตารางที่ 5-8

**ตารางที่ 5** ค่าพารามิเตอร์ของราคาข้าวเปลือกเจ้า ความชื้น 15% เฉลี่ยรายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาล เป็นแบบคัมมี

Parameter	Value	Parameter	Value
$\alpha$	0.0118	$\mu_\gamma$	-2.192
$\lambda$	0.9991	$\sigma_\lambda^2$	96100
$\delta$	0.0699	$\sigma_\alpha^2$	50.69
$\gamma$	468100	$\sigma_\delta^2$	52.68
$\mu_\alpha$	-10.41	$\sigma_\gamma^2$	14.62
$\mu_\delta$	21.17	$\sigma_z^2$	8.752E+09

**ตารางที่ 6** ค่าพารามิเตอร์ของผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ย รายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาลเป็นแบบคัมมี

Parameter	Value	Parameter	Value
$\alpha$	14580	$\mu_\gamma$	857500
$\lambda$	0.9977	$\sigma_\lambda^2$	176.9
$\delta$	5578	$\sigma_\alpha^2$	3.042
$\gamma$	1401000	$\sigma_\delta^2$	22.79
$\mu_\alpha$	145.3	$\sigma_\gamma^2$	22.14
$\mu_\delta$	155.1	$\sigma_z^2$	8.028E+10

ผลของการเปรียบเทียบตัวแบบเมื่อได้ตัวแบบที่เหมาะสมแล้วจึงเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ประมาณได้จากข้อมูลจริง ของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% รายเดือนเฉลี่ย จำนวน 228 เดือน และผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือนจำนวน 156 เดือน มาเปรียบเทียบกัน คือตัวแบบเบย์ที่มีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมสำหรับแนวโน้มแบบเอกซ์โพเนนเชียลและมีฟังก์ชันฤดูกาลเป็นแบบคัมมี กับตัวแบบเบย์ที่มีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมสำหรับแนวโน้มแบบเอกซ์โพเนนเชียลและมีฟังก์ชันฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสม (Fitting model) และเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ของตัวแบบ (Validation model)

ตารางที่ 7 ค่าพารามิเตอร์ของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% เฉลี่ยรายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์

Parameter	Value	Parameter	Value
$\alpha$	3364	$\mu_\gamma$	208
$\lambda$	1.001	$\sigma_\lambda^2$	0.311
$\delta$	13620	$\sigma_\alpha^2$	30.4
$\gamma$	236.1	$\sigma_\delta^2$	32.65
$\mu_\alpha$	155.8	$\sigma_\gamma^2$	49.35
$\mu_\delta$	140.3	$\sigma_z^2$	2233

ตารางที่ 8 ค่าพารามิเตอร์ของผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือนของตัวแบบที่มีฤดูกาลเป็นแบบฟูเรียร์

Parameter	Value	Parameter	Value
$\alpha$	282300	$\mu_\gamma$	35.72
$\lambda$	0.4689	$\sigma_\lambda^2$	1.088E-10
$\delta$	9607	$\sigma_\alpha^2$	23.76
$\gamma$	39.22	$\sigma_\delta^2$	31.4
$\mu_\alpha$	130	$\sigma_\gamma^2$	54.43
$\mu_\delta$	130	$\sigma_z^2$	61.54

จากข้อมูลที่เหลืออีก 12 เดือนของราคาและผลผลิตของข้าว แสดงได้ดังตารางที่ 9-12

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบหาตัวแบบที่เหมาะสมของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% เฉลี่ยรายเดือน

ข้อมูล	ตัวแบบ	การวัดค่าความผิดพลาด		
		RMSE	MSE	MAE
228	1. วิธีเบย์แบบคัมมี	0.967	0.934	0.294
	2. วิธีเบย์แบบฟูเรียร์	201.2	40496	54.27

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบหาตัวแบบที่เหมาะสมของผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือน

ข้อมูล	ตัวแบบ	การวัดค่าความผิดพลาด		
		RMSE	MSE	MAE
156 เดือน	1. วิธีเบย์แบบคัมมี	285.3	1.484	187.6
	2. วิธีเบย์แบบฟูเรียร์	488	2E+05	193.7

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% รายเดือนเฉลี่ย

ข้อมูล	ตัวแบบ	การวัดค่าความผิดพลาด		
		RMSE	MSE	MAE
12	1. วิธีเบย์แบบคัมมี	502.3	3E+05	409.1
	2. วิธีเบย์แบบฟูเรียร์	588.2	3E+05	440.3

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบของผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือน

ข้อมูล	ตัวแบบ	การวัดค่าความผิดพลาด		
		RMSE	MSE	MAE
12	1. วิธีเบย์แบบคัมมี	4E+06	1.926	2E+06
	2. วิธีเบย์แบบฟูเรียร์	5E+06	2.281	2E+06

จากตารางที่ 9-12 ได้จากการที่นำข้อมูลจริงของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% รายเดือนเฉลี่ย จำนวน 228 เดือน และผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือนจำนวน 156 เดือน มาประมาณค่าพารามิเตอร์เพื่อการเปรียบเทียบหาตัวแบบที่เหมาะสมและนำข้อมูลจริงของราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% รายเดือนเฉลี่ย จำนวน 12 เดือน และผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือนจำนวน 12 เดือน จาก

การประมาณค่าพารามิเตอร์ที่ได้เพื่อทำการเปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบจากค่าพยากรณ์ของทั้งสองวิธี กับข้อมูลจริง พบว่าตัวแบบเบย์ที่มีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมสำหรับแนวโน้มแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและมีฟังก์ชันฤดูกาลเป็นแบบคัมมี ให้ค่า RMSE MSE และ MAE รายเดือนเฉลี่ยต่ำสุดทั้งหมด

#### 4. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

ข้อมูลที่ใช้ศึกษาคือ ข้อมูลราคาราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% เฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่ปี 2540-2560 จำนวน 240 เดือน และข้อมูลผลผลิตข้าวนาปี เฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่ปี 2545-2558 จำนวน 168 เดือน จากการพล็อตกราฟของข้อมูลตามเวลาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ณ เวลาปัจจุบันกับข้อมูล ณ เวลาที่ผ่านมาด้วยกราฟ Autocorrelation function (ACF) และ Partial autocorrelation function (PACF) พบว่าข้อมูลมีแนวโน้ม ข้อมูลมีบางตัวเป็นข้อมูลที่ผิดปกติ ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างน้อย 1 lag แต่ lag 1 มีความสัมพันธ์กันมากกว่า lag อื่นๆ ดังนั้นจึงนำลักษณะของข้อมูลที่ได้ไปใช้หลักการทางกระบวนการสโตแคสติก โดยมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้คือ มีแนวโน้ม (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) ค่าผิดปกติ (Irregular variation) ค่าอัตโนมัติสัมพันธ์ (Autocorrelation) สำหรับค่าอัตโนมัติสัมพันธ์จะเลือกใช้ AR1 lag ของราคาและผลผลิตของข้าว

หลักการของกระบวนการสโตแคสติกเพื่อสร้างตัวแบบการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยวิธีของเบย์ที่มีฟังก์ชันของฤดูกาลที่มีความแตกต่างกันสำหรับการสร้างตัวแบบในงานวิจัยนี้เริ่มจากการตรวจสอบลักษณะของข้อมูลจากการพล็อตกราฟของ

ข้อมูลตามเวลา เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน กับข้อมูล ณ เวลาที่ผ่านมา ด้วยกราฟ Autocorrelation function (ACF) และ Partial autocorrelation function (PACF) เพื่อหาค่าประกอบต่างๆ ของข้อมูลอนุกรมเวลา ซึ่งพบว่ามีองค์ประกอบของแนวโน้ม มีค่าผิดปกติ และอัตโนมัติสัมพันธ์ หลังจากนั้นนำส่วนประกอบต่างๆ ไปออกแบบสร้างตัวแบบโดยวิธีของเบย์ โดยกำหนดให้แนวโน้มมีรูปแบบเดียวกันคือ มีรูปแบบเป็นฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลที่ได้จากงานวิจัยก่อนหน้านี้แต่มีรูปแบบของฟังก์ชันของฤดูกาลที่แตกต่างกันคือ ฤดูกาลแบบคัมมีกับฤดูกาลแบบฟูเรียร์

การประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบใช้ค่า RB MSE และค่า CP เมื่อได้ค่าประมาณพารามิเตอร์ที่ประมาณด้วยวิธีการของเบย์ จากข้อมูลจริงมาแล้ว จะใช้ค่าประมาณพารามิเตอร์ทุกตัวมาทำการจำลองสถานการณ์ สร้างชุดข้อมูลมาใหม่อีก 1000 ชุด ประเมินประสิทธิภาพของตัวแบบโดยดูจากค่า RB ค่า MSE และค่า CP ของพารามิเตอร์แต่ละตัว ซึ่งค่า RB และค่า MSE มีค่าต่ำมาก และค่า CP ของพารามิเตอร์แต่ละตัวมีค่าสูงมาก สรุปได้ว่าประสิทธิภาพของตัวแบบในงานวิจัยนี้อยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

ตัวแบบที่นำมาเปรียบเทียบในงานวิจัยนี้ได้แก่ตัวแบบเบย์ที่มีค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมสำหรับแนวโน้มแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และมีฟังก์ชันของฤดูกาลแบบคัมมีกับฟังก์ชัน กับตัวแบบเบย์ที่มีค่าฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสมสำหรับแนวโน้มแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและมีฟังก์ชันของฤดูกาล แบบฟูเรียร์ โดยเปรียบเทียบจากค่า RMSE, MSE และ MAE ซึ่งทำการเปรียบเทียบสองส่วนคือ ส่วนที่ 1 คือ ส่วนของข้อมูลใช้สำหรับ

การหาตัวแบบที่เหมาะสม (Fitting model) และ ส่วนที่ 2 คือส่วนของข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ (Validation model) ผลการวิจัยพบว่า ตัวแบบเบย์ที่มีฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็นเหมาะสมสำหรับแนวโน้มแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและมีฟังก์ชันฤดูกาลเป็นแบบคัมมีให้ค่า RMSE, MSE และ MAE รายเดือนเฉลี่ยต่ำสุดทั้งหมด

ตัวแบบที่นำเสนอสามารถพยากรณ์ข้อมูลราคาและผลผลิตข้าวได้อย่างดีเพราะว่าตัวแบบที่นำเสนอประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ประกอบกันขึ้นเป็นอนุกรมเวลามาไว้ในตัวแบบ ทั้งค่าแนวโน้ม ฤดูกาล อัตตสหสัมพันธ์ และค่าผิดปกติ ค่าแนวโน้ม เป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลมีลักษณะเป็นเส้นโค้งในทิศทางเพิ่มขึ้นหรือลดลง มีลักษณะของฤดูกาล เป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลมีลักษณะการเพิ่มขึ้น และลดลงในลักษณะเดียวกันหลาย ๆ คาบ ของรอบระยะเวลาหนึ่งที่แน่นอน เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล มีค่าอัตตสหสัมพันธ์ ซึ่งเป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน กับข้อมูล ณ เวลาก่อนหน้า 1 lag และมีค่าผิดปกติของข้อมูลอนุกรมเวลาที่เกิดจากเหตุการณ์ที่เราไม่สามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า เช่น ภัยแล้ง หรือเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงทางด้านนโยบายทางการเกษตรทั้งในประเทศและต่างประเทศ สำหรับการประมาณค่าพารามิเตอร์ใช้วิธีการของเบย์ ข้อดีของวิธีการประมาณค่าพารามิเตอร์แบบเบย์คือ สามารถใช้กับตัวอย่างขนาดเล็ก ในขณะที่การประมาณค่าแบบอื่นเช่น วิธี Maximum likelihood ตัวอย่างต้องมีขนาดใหญ่ การประมาณค่าจึงจะแม่นยำ วิธีการของเบย์ สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์ หรือฟังก์ชันของพารามิเตอร์ได้โดยตรง โดยไม่ต้องประมาณ

ค่าพารามิเตอร์บางตัวมาก่อน และประการสำคัญที่สุดคือวิธีการของเบย์สามารถใช้กับข้อมูลที่มีองค์ประกอบหลาย ๆ ด้าน และสามารถเพิ่มองค์ประกอบต่าง ๆ ในรูปแบบของฟังก์ชันต่าง ๆ ได้

## 5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากหลายหน่วยงาน คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยของอาจารย์ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มาตั้งแต่เริ่มต้นทำวิจัยนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ได้ให้ทุนสนับสนุน จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Montgomery D C, Jennings C L, Kulahci M. Introduction to Time Series Analysis and Forecasting A. John Wiley & Sons. Inc.2015.
- [2] Yelland P M, Bayesian Forecasting of Part Demand. Int J Forecast. 2010;26:374-96.
- [3] Tongkhaw P, Kantanantha N. Bayesian model for time series with trend, autoregression and outliers. Tenth International Conference on ICT and Knowledge Engineering; November 21-23, Bangkok, Thailand. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE); 2012:90-4.

- [4] Tongkhaw P, Kantanatha N. Bayesian models for time series with covariates, trend, seasonality, autoregression and outliers. J Comput Sci, 2013;9(3):291-8.
- [5] มองแนวโน้มราคาข้าวไทย, ศูนย์วิจัยธนาคารกสิกรไทย [อินเทอร์เน็ต]. [updated 2021 Aug 18; cited 2021 Aug 9]. Available from: <http://www.ryt9.com/s/iq03/2685248>
- [6] สิ้นค้าเกษตรล่วงหน้า, AFET [อินเทอร์เน็ต]. [updated 2021 Aug 19; cited 2021 Aug 9]. Available from: [https://www.settrade.com/C03\\_03\\_AFET\\_Intraday.jsp](https://www.settrade.com/C03_03_AFET_Intraday.jsp)
- [7] ราคาและผลผลิตข้าว, สำนักงานสถิติการเกษตร [อินเทอร์เน็ต]. [updated 2021 Aug 15; cited 2021 Aug 5]. Available from: <https://www.oae.go.th>
- [8] Congdon P, Bayesian statistical modelling . 2<sup>nd</sup> ed , John Wiley & Sons. 2007.
- [9] Bisgaard S, Kulahci M. Time Series Analysis and Forecasting by Example. John Wiley & Sons. Inc. 2011.
- [10] Tutorial SAS 2021 [Internet]. [updated 2021 Aug 29; cited 2021 Aug 30]. Available from: [https://www.sas.com/el\\_gr/training/overview.html](https://www.sas.com/el_gr/training/overview.html).
- [11] Najafi B, Tarazkar M. Forecasting the quantity of pistachio export in Iran, Application of neural network, IJTS. 2006; 39: 191-214.
- [12] OpenBUGS user manual: The open source program for Bayesian modelling[Internet]. 2014. [updated 2021 May 18; cited 2021 Jul 1] Available from: <https://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/software/bugs/openbugs/>
- [13] Cowles M K. Applied Bayesian statistics: with R and OpenBUGS, New York, springer. 2013.
- [14] R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing [Internet]. 2014. [updated 2021 May 19; cited 2021 Jul 30] Available form: <http://www.R-project.org>