**การพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15%**

**Forecasting the Prices of Paddy Rice at 15% Moisture Content**

วรางคณา เรียนสุทธิ์ 1\*

Warangkhana Riansut 1\*

*สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ*

*Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science, Thaksin University*

**บทคัดย่อ**

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ คือ การสร้างตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% โดยใช้อนุกรมเวลาราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% จากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวน 129 ค่า ซึ่งข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 จำนวน 120 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม และวิธีการพยากรณ์รวม ข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวน 9 ค่า นำมาใช้สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นของค่าพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และเกณฑ์รากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่า จากวิธีการพยากรณ์ทั้งหมดที่ได้ศึกษา วิธีที่มีความแม่นมากที่สุด คือ วิธีการพยากรณ์รวม

**คำสำคัญ :** ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% บอกซ์-เจนกินส์ การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลัง การพยากรณ์รวม

**Abstract**

The objective of this study was to construct the appropriate forecasting model for the prices of paddy rice at 15% moisture content. These prices gathered from the website of Office of Agricultural Economics during January, 2005 to September, 2015 of 129 values were used and divided into 2 sets. The first set had 120 values from January, 2005 to December, 2014 for constructing the forecasting models by Box-Jenkins method, holt’s exponential smoothing method, damped trend exponential smoothing method, and **combined** forecasting method. The second set had 9 values from January to September, 2015 for comparing accuracy of the forecasts via the **criteria** **of** **the** **lowest** mean absolute percentage error and root mean squared error**.** **Research** **findings indicated that** for all forecasting methods that had been studied, the most accurate method was **combined** forecasting method.

**Keywords :** Prices of Paddy Rice at 15% Moisture Content**, Box-Jenkins,** Exponential Smoothing, **Combined** Forecasting

**\*Corresponding author. E-mail : warang27@gmail.com**

**บทนำ**

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม พื้นที่ส่วนใหญ่ภายในประเทศเป็นการเพาะปลูก ลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบเหมาะที่จะทำการเกษตรเป็นอย่างมาก สินค้าส่งออกหลักของประเทศไทย คือ ข้าว ซึ่งสามารถทำรายได้ให้กับประเทศตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยข้าวที่ปลูกภายในประเทศมีมากมายหลากหลายพันธุ์ [1] เช่น พันธุ์ กข5, กข6, [กำผาย 15](http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/variety/01/Gam_Pai_15.html), [ขาวดอกมะลิ 105](http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/variety/01/Khao_Dawk_Mali_105.html), [ข้าวเจ้าหอมพิษณุโลก 1](http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/variety/01/Khao_Jow_Hawm_Phitsanulok_1.html) และ[พัทลุง 60](http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/variety/01/Phatthalung_60.html) เป็นต้น [2] ปัจจุบันเกษตรกรที่ปลูกข้าวส่วนใหญ่มีรายได้น้อย ฐานะยากจน ไม่มีเงินทุนในการประกอบอาชีพ ถูกเอาเปรียบทางด้านการตลาดจากพ่อค้าคนกลางหรือกลุ่มนายทุน ปัญหาหลักที่มักพบอยู่เสมอ คือ ราคาข้าวตกต่ำและผันผวน เนื่องจากผลผลิตข้าวในช่วงต้นฤดูมีปริมาณออกสู่ตลาดจำนวนมากในเวลาเดียวกัน รวมถึงอำนาจการต่อรองและการกำหนดราคาเป็นของพ่อค้าหรือโรงสี ในขณะที่ต้นทุนการปลูกข้าวปรับตัวสูงขึ้น ซึ่งระดับราคาข้าวเปลือกที่ลดลงอย่างต่อเนื่องส่งผลให้รัฐบาลมีมาตรการแทรกแซงกลไกราคาข้าวเปลือกในรูปแบบต่างๆ เช่น การพยุงราคาข้าว การประกันราคาข้าว และโครงการรับจำนำข้าวเปลือก เพื่อดึงดูดและกระตุ้นให้เกษตรกรผลิตข้าวที่มีคุณภาพในปริมาณมากขึ้น ชะลอผลผลิตของเกษตรกรไม่ให้ออกสู่ตลาดมากเกินไป ทำให้ราคาขายผลผลิตข้าวมีความเป็นธรรม อีกทั้งยังช่วยเหลือให้เกษตรกรมีเงินไว้ใช้จ่ายในครอบครัวตามความจำเป็น และหาตลาดรองรับผลผลิตของเกษตรกรที่เพิ่มมากขึ้น [3] อย่างไรก็ตาม การได้ทราบถึงราคาขายข้าวในอนาคตจากการพยากรณ์ทางสถิติ นับเป็นอีกหนึ่งมาตรการที่จะช่วยเหลือเกษตรกรในการใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการวางแผนการปลูก และเป็นแนวทางที่ช่วยคาดการณ์ความผันผวนของราคาได้ ซึ่งประเภทของข้าวที่ผู้วิจัยสนใจศึกษาครั้งนี้ คือ ข้าวเปลือกเจ้าที่มีความชื้น 15% โดยความชื้นของข้าวเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการบ่งชี้คุณภาพ และยังใช้เป็นข้อกำหนดในการซื้อขายด้วย ความชื้นที่สูงเกินมาตรฐานจะถูกหักลดน้ำหนักหรือราคาต่อหน่วยลง เพื่อให้การซื้อขายข้าวเปลือกเป็นไปอย่างมีระบบและมีมาตรฐานสอดคล้องกับภาวะการค้าข้าว [4] ด้วยเหตุผลของความตกต่ำและความผันผวนอย่างไม่แน่นอนในราคาข้าวดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำราคาข้าวข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ในอดีตมาสร้างตัวแบบพยากรณ์ เพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวสามารถประมาณปริมาณการปลูกข้าวได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลต่อความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น โดยเฉพาะทางด้านการเงิน เมื่อเกษตรกรมีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดีแล้วอาจทำให้ผู้ที่เข้ามาทำงานในกรุงเทพหันกลับไปทำนา ทำให้มีผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจากเดิม และยังทำให้ประเทศไทยครองแชมป์การส่งออกข้าวตลอดไป

**วิธีการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยโปรแกรม SPSS รุ่น 17 โดยใช้อนุกรมเวลาราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% (บาท/ตัน) ซึ่งได้มาจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [5] เป็นราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวน 129 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ข้อมูลชุดที่ 1 คือ ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 จำนวน 120 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 4 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม และวิธีการพยากรณ์รวม เนื่องจากได้พิจารณาจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error: MAPE) และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Squared Error: RMSE) ของข้อมูลชุดที่ 1 แล้วพบว่า วิธีการเหล่านี้เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากกว่าวิธีการพยากรณ์อื่นๆ ข้อมูลชุดที่ 2 คือ ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ตั้งแต่เดือนเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวน 9 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบความแม่น (Accuracy) ของค่าพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์ MAPE และ RMSE ที่ต่ำที่สุด วิธีการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติทั้ง 4 วิธี แสดงรายละเอียดดังนี้

### การพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins Method)

วิธีบอกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนมากที่สุดในบรรดาวิธีการพยากรณ์ด้วยกัน อีกทั้งยังต้องใช้จำนวนข้อมูลค่อนข้างมาก อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูง เนื่องจากได้กำหนดตัวแบบโดยการตรวจสอบคุณสมบัติของฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (Autocorrelation Function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (Partial Autocorrelation Function: PACF) ซึ่งพิจารณาภายใต้อนุกรมเวลาที่คงที่ (Stationary) หรืออนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนคงที่ [6] โดยมีตัวแบบทั่วไป คือ Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average: SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)s แสดงดังสมการที่ (1) [7,8]

 (1)

เมื่อ  แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

 แทนอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

 แทนค่าคงที่ โดยที่  แทนค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่คงที่

… แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ p (Non-Seasonal Autoregressive Operator of Order p: AR(p))

… แทนตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ P (Seasonal Autoregressive Operator of Order P: SAR(P))

… แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ q (Non-Seasonal Moving Average Operator of Order q: MA(q))

… แทนตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่ Q (Seasonal Moving Average Operator of Order Q: SMA(Q))

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  โดยที่  แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

s แทนจำนวนฤดูกาล

d และ D แทนลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

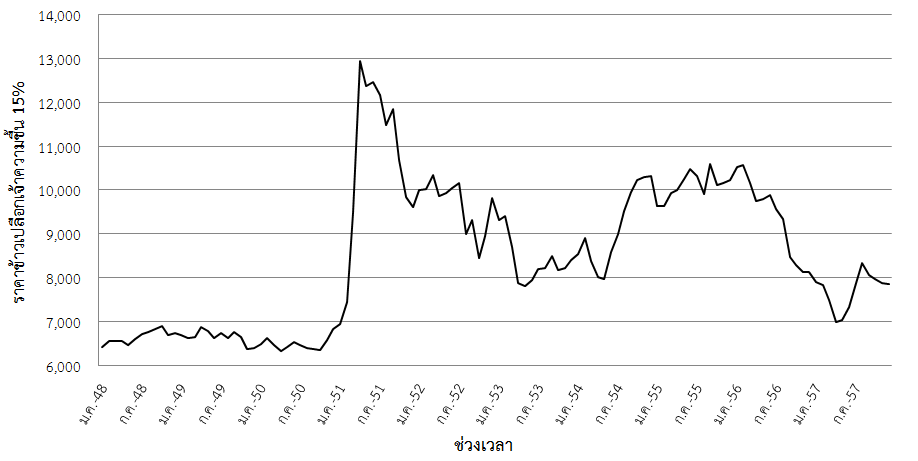
B แทนตัวดำเนินการถอยหลัง (Backward Operator) โดยที่ 

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ แสดงรายละเอียดดังนี้

1. พิจารณาอนุกรมเวลาว่ามีลักษณะคงที่หรือไม่ โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา (Yt, t) กราฟ ACF และ PACF หากพบว่าอนุกรมเวลาไม่คงที่ (Non-Stationary) ต้องแปลงอนุกรมเวลาให้คงที่ก่อนที่จะทำขั้นตอนต่อไป เช่น กรณีอนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยไม่คงที่ ควรแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างหรือผลต่างฤดูกาล (Difference or Seasonal Difference) กรณีอนุกรมเวลามีความแปรปรวนไม่คงที่ หรือมีทั้งค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนไม่คงที่ ควรแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมสามัญหรือลอการิทึมธรรมชาติ (Common Logarithm or Natural Logarithm) หรือแปลงข้อมูลด้วยเลขยกกำลัง เช่น ยกกำลัง 0.5 (Square Root Transformation) หรือยกกำลัง 2 (Square Transformation) [7]
2. กำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้จากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่มีลักษณะคงที่ นั่นคือ กำหนดค่า p, q, P และ Q พร้อมทั้งประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบด้วยวิธีความควรจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Method)
3. ตัดพารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญออกจากตัวแบบพยากรณ์ครั้งละ 1 ตัว จากนั้นจึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์และประมาณค่าพารามิเตอร์ใหม่จนกว่าจะได้ตัวแบบพยากรณ์ที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญทั้งหมด
4. คัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมจากการพิจารณาที่ค่าเกณฑ์สารสนเทศเบย์เซียน (Bayesian Information Criterion: BIC) ที่ต่ำที่สุด มีค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ไม่มีนัยสำคัญ และอนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์มีการแจกแจงปกติ ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยใช้การทดสอบโคลโมโกรอฟ-สเมียร์นอฟ (Kolmogorov-Smirnov’s Test) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบรัน (Runs Test) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบที (t-Test) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา ตรวจสอบโดยใช้การทดสอบของเลวีนภายใต้การใช้ค่ามัธยฐาน (Levene’s Test based on Median)
5. พยากรณ์อนุกรมเวลา โดยใช้ตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดจากขั้นตอนที่ 4

### การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบ (Smoothing Method)

การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบ (Smoothing Method) คือ การพยากรณ์โดยใช้ค่าสังเกตจากอดีตส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดในการสร้างสมการพยากรณ์ ซึ่งน้ำหนักที่ให้กับค่าสังเกตแต่ละค่าจะแตกต่างกัน เหตุผลสำคัญที่มีการใช้วิธีการปรับเรียบ เนื่องจากอนุกรมเวลาอาจเกิดความผันแปรจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ทำให้ไม่เห็นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาอื่นๆ ซึ่งวิธีการปรับเรียบจะช่วยลดอิทธิพลของความผันแปรดังกล่าวได้ ดังนั้นส่วนประกอบของอนุกรมเวลาแต่ละส่วนจึงปรากฏชัดเจนขึ้น ทำให้สามารถพยากรณ์ค่าของอนุกรมเวลาในอนาคตได้ สำหรับวิธีการปรับเรียบนั้นมีวิธีการหลายวิธี และการใช้งานจะขึ้นอยู่กับลักษณะของอนุกรมเวลา เช่น อนุกรมเวลาที่ไม่มีส่วนประกอบของแนวโน้มและฤดูกาล ควรใช้การเฉลี่ยเคลื่อนที่อย่างง่าย การเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังอย่างง่าย อนุกรมเวลาที่มีเฉพาะส่วนประกอบของแนวโน้ม ควรใช้การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของบราวน์ การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม อนุกรมเวลาที่มีเฉพาะส่วนประกอบของฤดูกาล ควรใช้การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีฤดูกาลอย่างง่าย และอนุกรมเวลาที่มีทั้งส่วนประกอบของแนวโน้มและฤดูกาล ควรใช้การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของวินเทอร์ [9,10] สำหรับอนุกรมเวลาราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ของข้อมูลชุดที่ 1 ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 ดังภาพที่ 1 ประกอบด้วยส่วนประกอบของแนวโน้มอย่างชัดเจน โดยแนวโน้มราคาตั้งแต่ต้นปี 2548 ถึงปลายปี 2555 เป็นไปในทิศทางเพิ่มขึ้น และตั้งแต่ต้นปี 2556 เป็นต้นมา ราคามีแนวโน้มลดลง ขณะที่ส่วนประกอบของฤดูกาลอาจปรากฏไม่ชัดเจนนัก ด้วยเหตุผลของลักษณะอนุกรมเวลาที่มีเฉพาะส่วนประกอบของแนวโน้มดังกล่าว การวิจัยครั้งนี้จึงใช้วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังทั้งหมด 2 วิธี คือ การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม เนื่องจากทั้ง 2 วิธีการพยากรณ์นี้มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดที่ 1 มากกว่าวิธีการอื่นๆ (ให้ค่า MAPE และ RMSE ต่ำกว่าวิธีการอื่นๆ) เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์แล้วจะดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์เช่นเดียวกับการพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ รายละเอียดของวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังทั้ง 2 วิธี แสดงดังนี้



**Figure 1.** Run plot for the prices of paddy rice at 15% moisture content

during January, 2005 to December, 2014

### การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ (Holt’s Exponential Smoothing Method)

การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและไม่มีส่วนประกอบของฤดูกาล มีค่าคงที่การปรับเรียบ 2 ตัว คือ ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าระดับ (Level: ) และค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชัน (Trend: ) ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (2) [10]

 (2)

เมื่อ  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t + m โดยที่ m แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

 และ  แทนค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงระยะตัดแกน Y และความชันของแนวโน้ม ตามลำดับ

โดยที่  และ 

 และ  แทนค่าคงที่การปรับเรียบ โดยที่  และ 

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  โดยที่  แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

### การพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม (Damped Trend Exponential Smoothing Method)

การปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและไม่มีส่วนประกอบของฤดูกาลเช่นเดียวกับการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ แต่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงช้ากว่าการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มที่เป็นเส้นตรง มีค่าคงที่การปรับเรียบ 3 ตัว คือ ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าระดับ  ค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชัน  และค่าคงที่การปรับเรียบของค่าความชันแบบแดม (Damped Trend)  [11] ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังสมการที่ (3) [12]

 (3)

เมื่อ  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t + m โดยที่ m แทนจำนวนช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์ไปข้างหน้า

 และ  แทนค่าประมาณ ณ เวลา t แสดงระยะตัดแกน Y และความชันของแนวโน้ม ตามลำดับ

โดยที่  และ 

,  และ  แทนค่าคงที่การปรับเรียบ โดยที่ ,  และ 

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  โดยที่  แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

### การพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวม (****Combined**** Forecasting Method)

การพยากรณ์รวมเป็นวิธีการประยุกต์ที่มีการรวมค่าพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์เดี่ยวตั้งแต่ 2 วิธีขึ้นไป เพื่อให้ได้ค่าพยากรณ์ใหม่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด สามารถใช้ได้ดีในกรณีที่วิธีการพยากรณ์เดี่ยวมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลามากกว่า 1 วิธี [11] ณ ที่นี้ได้พิจารณาวิธีการพยากรณ์เดี่ยว 2 วิธี คือ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม เนื่องจากค่าพยากรณ์ของทั้ง 2 วิธีการนี้ให้ค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 2 ต่ำกว่าวิธีบอกซ์-เจนกินส์ ดังนั้นตัวแบบของวิธีการพยากรณ์รวมที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ

 (4)

เมื่อ  แทนค่าพยากรณ์รวม ณ เวลา t

 และ  แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดมตามลำดับ

 และ  แทนค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์เดี่ยวด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Squares Method) [13]

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  โดยที่  แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 1

### เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์แล้วจะดำเนินการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์เช่นเดียวกับการพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

### การเปรียบเทียบความแม่นของค่าพยากรณ์

การวิจัยครั้งนี้ได้คัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% โดยการเปรียบเทียบราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ในข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน 2558 กับค่าพยากรณ์จากวิธีการพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม และวิธีการพยากรณ์รวม เพื่อคำนวณค่า MAPE และ RMSE โดยตัวแบบพยากรณ์ที่ให้ค่า MAPE และ RMSE ต่ำที่สุด จัดเป็นตัวแบบที่มีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด เกณฑ์ MAPE และ RMSE [10] แสดงดังนี้

 และ  (5)

เมื่อ  แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t

 แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t

 แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

t แทนช่วงเวลา ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง  โดยที่  แทนจำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลาชุดที่ 2

### การพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15%

จากการเปรียบเทียบความแม่นของค่าพยากรณ์ทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม และวิธีการพยากรณ์รวม เมื่อทราบว่าตัวแบบพยากรณ์ใดให้ค่า MAPE และ RMSE ของข้อมูลชุดที่ 2 ต่ำที่สุด จะใช้ตัวแบบพยากรณ์นั้นสำหรับการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559 ต่อไป

**ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล**

จากการพิจารณาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาชุดที่ 1 ซึ่งคือ ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 จำนวน 120 ค่า ดังภาพที่ 1 พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ความชัน = 20.6168, t = 5.251, p-value = 0.000) แต่เมื่อพิจารณาเป็น 2 ช่วงเวลา พบว่า ตั้งแต่ต้นปี 2548 ถึงปลายปี 2555 ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ความชัน = 40.9595, t = 8.233, p-value = 0.000) ขณะที่ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ตั้งแต่ต้นปี 2556 เป็นต้นมา กลับมีแนวโน้มลดลง (ความชัน = -129.1178, t = -7.016, p-value = 0.000) โดยส่วนประกอบของฤดูกาลปรากฏไม่ชัดเจนนัก

### ผลการพยากรณ์โดยวิธีบอกซ์-เจนกินส์

จากกราฟ ACF และ PACF ดังภาพที่ 2 พบว่า อนุกรมเวลายังไม่คงที่ เนื่องจากมีส่วนประกอบของแนวโน้ม ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองค่อยๆ ลดลงอย่างช้าๆ (Die Down) ดังภาพที่ 2 ในกราฟ ACF ด้านซ้าย ดังนั้นผู้วิจัยจึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างลำดับที่ 1 (d = 1) ได้กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้ว แสดงดังภาพที่ 3 ซึ่งพบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะคงที่ จึงกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยตัวแบบพยากรณ์ที่มีพารามิเตอร์ทุกตัวมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 มีค่า BIC ต่ำที่สุด และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 คือ ตัวแบบ I(1) MA(1, 16) ไม่มีพจน์ค่าคงที่ เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 0.899, p-value = 0.394) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z = 0.277, p-value = 0.782) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = 0.358, p-value = 0.721) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.026, p-value = 0.429) ดังนั้นตัวแบบ I(1) MA(1, 16) ไม่มีพจน์ค่าคงที่ มีความเหมาะสม ซึ่งจากสมการที่ (1) สามารถเขียนเป็นตัวแบบได้ดังนี้

จากการแทนค่าประมาณพารามิเตอร์ในตารางที่ 1 จะได้ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

  (6)

เมื่อ  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

 แทนอนุกรมเวลา ณ เวลา t – 1

 แทนความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ ณ เวลา t – j



**Figure 2.** ACF and PACF of the prices of paddy rice at 15% moisture content



**Figure 3.** ACF and PACF of the first difference, d = 1, of the prices of paddy rice at 15% moisture content

***Table 1*** Estimate parameters, BIC, and Ljung-Box Q from the model ARIMA(p, d, q)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ค่าประมาณ**  **พารามิเตอร์** | | **ARIMA(p, d, q)** | | | |
| **AR(1, 16) I(1)**  **MA(1, 16)** | **AR(1) I(1)**  **MA(1, 16)** | **AR(1) I(1)**  **MA(1, 16)**  **ไม่มีพจน์ค่าคงที่** | **I(1) MA(1, 16)**  **ไม่มีพจน์ค่าคงที่** |
| ค่าคงที่ | ค่าประมาณ | 15.340742 | 15.687181 | - | - |
| p-value | 0.740 | 0.730 |
| AR(1): | ค่าประมาณ | 0.089163 | 0.085541 | 0.085358 | - |
| p-value | 0.724 | 0.721 | 0.720 |
| AR(16): | ค่าประมาณ | 0.084211 | - | - | - |
| p-value | 0.752 |
| MA(1): | ค่าประมาณ | -0.207920 | -0.210179 | -0.211222 | -0.282014 |
| p-value | 0.386 | 0.355 | 0.351 | 0.001 |
| MA(16): | ค่าประมาณ | 0.383209 | 0.311450 | 0.310135 | 0.307567 |
| p-value | 0.131 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| **BIC** | | **12.556** | **12.508** | **12.460** | **12.412** |
| **Ljung-Box Q (ณ lag 18)** | | **14.955** | **14.946** | **14.940** | **14.564** |
| **p-value** | | **0.381** | **0.455** | **0.456** | **0.557** |

### ผลการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบ

### ผลการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์

### จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 12.560 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 26.811, p-value = 0.044) เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 1.089, p-value = 0.186) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z = -1.833, p-value = 0.067) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = -0.181, p-value = 0.857) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.253, p-value = 0.262) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

 (7)

เมื่อ  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t + m โดยที่ m = 1 ถึง 9 (เดือนเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวน 9 ค่า)

 และ  มีค่าเท่ากับ 0.999997 และ 0.000774 ตามลำดับ

### ผลการพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม

### จากการสร้างตัวแบบพยากรณ์โดยวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม พบว่า BIC มีค่าเท่ากับ 12.549 และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (Ljung-Box Q ณ lag 18 = 24.064, p-value = 0.064) เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 1.139, p-value = 0.149) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z = -0.367, p-value = 0.714) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = 0.200, p-value = 0.842) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.047, p-value = 0.411) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้มีความเหมาะสม ตัวแบบพยากรณ์แสดงดังนี้

 (8)

เมื่อ  แทนค่าพยากรณ์ ณ เวลา t + m โดยที่ m = 1 ถึง 9 (เดือนเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวน 9 ค่า)

,  และ  มีค่าเท่ากับ 0.988282, 0.860302 และ 0.290356 ตามลำดับ

### ผลการพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์รวม

จากการประมาณค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละวิธีการพยากรณ์เดี่ยวโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ได้ตัวแบบพยากรณ์รวมดังนี้

 (9)

เมื่อ  แทนค่าพยากรณ์รวม ณ เวลา t

 และ  แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ และวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม ตามลำดับ

ผลการตรวจสอบคุณลักษณะของความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงปกติ (Kolmogorov-Smirnov Z = 1.185, p-value = 0.120) มีการเคลื่อนไหวเป็นอิสระกัน (Runs Test: Z = -0.367, p-value = 0.714) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ (t = 0.446, p-value = 0.657) และมีความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา (Levene Statistic = 1.052, p-value = 0.407) ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์รวมที่ได้มีความเหมาะสม

### ผลการเปรียบเทียบความแม่นของค่าพยากรณ์

จากการใช้ตัวแบบพยากรณ์ของวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม และวิธีการพยากรณ์รวม ในสมการที่ (6) ถึง (9) ตามลำดับ ได้ค่าพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ของข้อมูลชุดที่ 2 ตั้งแต่เดือนเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน 2558 แสดงดังตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความแม่นของค่าจริงกับค่าพยากรณ์ พบว่า วิธีการพยากรณ์รวมเป็นวิธีที่มีความแม่นมากที่สุด เนื่องจากให้ค่าพยากรณ์ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจริงน้อยที่สุด หรือให้ค่า MAPE และ RMSE ต่ำที่สุด

***Table******2*** Prices of paddy rice at 15% moisture content and its forecasts (Baht/Ton), during January to September, 2015

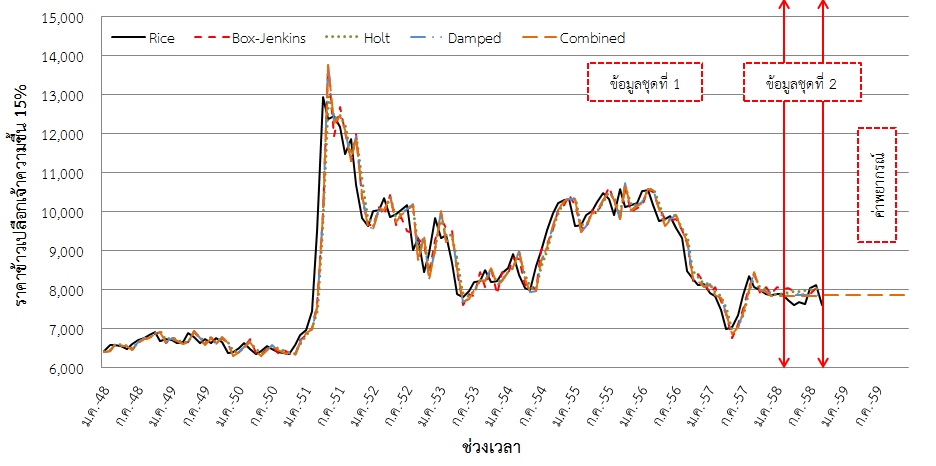
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ช่วงเวลา** | **ราคาข้าวเปลือกเจ้า**  **ความชื้น 15%** | **ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% จากการพยากรณ์โดยวิธี** | | | |
| **บอกซ์-เจนกินส์** | **โฮลต์** | **แดม** | **รวม (โฮลต์, แดม)** |
| ม.ค. 2558 | 7,895 | 8,072 | 7,881 | 7,857 | 7,846 |
| ก.พ. 2558 | 7,873 | 8,006 | 7,900 | 7,855 | 7,845 |
| มี.ค. 2558 | 7,723 | 8,050 | 7,919 | 7,855 | 7,845 |
| เม.ย. 2558 | 7,607 | 7,965 | 7,939 | 7,854 | 7,845 |
| พ.ค. 2558 | 7,674 | 7,862 | 7,958 | 7,854 | 7,845 |
| มิ.ย. 2558 | 7,624 | 7,882 | 7,977 | 7,854 | 7,846 |
| ก.ค. 2558 | 8,029 | 7,879 | 7,996 | 7,854 | 7,846 |
| ส.ค. 2558 | 8,121 | 8,044 | 8,015 | 7,854 | 7,846 |
| ก.ย. 2558 | 7,614 | 7,978 | 8,034 | 7,854 | 7,847 |
| **MAPE** | | **2.9222** | **2.5540** | **2.1831** | **2.1709** |
| **RMSE** | | **246.4396** | **245.7539** | **190.0336** | **187.4757** |

### ผลการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15%

จากการเปรียบเทียบความแม่นของค่าพยากรณ์ซึ่งพบว่า วิธีการพยากรณ์รวมมีความเหมาะสมกับอนุกรมเวลาชุดนี้มากที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการดังกล่าวในการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559 รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3 และภาพที่ 4

***Table******3*** Forecasts of prices of paddy rice at 15% moisture content (Baht/Ton), during October, 2015 to December, 2016

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **ช่วงเวลา** | **ค่าพยากรณ์** | **ช่วงเวลา** | **ค่าพยากรณ์** | **ช่วงเวลา** | **ค่าพยากรณ์** |
| ต.ค. 2558 | 7,847 | มี.ค. 2559 | 7,848 | ส.ค. 2559 | 7,850 |
| พ.ย. 2558 | 7,847 | เม.ย. 2559 | 7,848 | ก.ย. 2559 | 7,850 |
| ธ.ค. 2558 | 7,847 | พ.ค. 2559 | 7,849 | ต.ค. 2559 | 7,850 |
| ม.ค. 2559 | 7,848 | มิ.ย. 2559 | 7,849 | พ.ย. 2559 | 7,850 |
| ก.พ. 2559 | 7,848 | ก.ค. 2559 | 7,849 | ธ.ค. 2559 | 7,851 |



**Figure 4.** Comparison the prices of paddy rice at 15% moisture content and its forecasts

**สรุปผลการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างและคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับอนุกรมเวลาราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% โดยใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวน 129 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2548 ถึงเดือนธันวาคม 2557 จำนวน 120 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีบอกซ์-เจนกินส์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ วิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม และวิธีการพยากรณ์รวม ชุดที่ 2 คือข้อมูลตั้งแต่เดือนเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน 2558 จำนวน 9 ค่า สำหรับการเปรียบเทียบความแม่นของค่าพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ MAPE และ RMSE ที่ต่ำที่สุด ผลการวิจัยพบว่า วิธีการพยากรณ์รวมเป็นวิธีที่มีความแม่นมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของวรางคณา กีรติวิบูลย์ [1] ซึ่งตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% โดยวิธีการพยากรณ์รวมแสดงดังนี้



เมื่อ  แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังของโฮลต์ ดังสมการต่อไปนี้

, m = 1 แทนเดือนมกราคม 2558

 แทนค่าพยากรณ์เดี่ยว ณ เวลา t จากวิธีการปรับเรียบด้วยเส้นโค้งเลขชี้กำลังที่มีแนวโน้มแบบแดม ดังสมการต่อไปนี้

, m = 1 แทนเดือนมกราคม 2558

ผลการใช้ตัวแบบพยากรณ์ดังกล่าวในการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559 พบว่า ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% มีแนวโน้มค่อนข้างคงตัว อย่างไรก็ตาม ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% อาจไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยเวลาเพียงปัจจัยเดียว ดังนั้นการศึกษาครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วย เช่น ขนาดพื้นที่ปลูกข้าว สถานที่ปลูกข้าว จำนวนปีที่เป็นลูกค้าประจำโรงสี และพันธุ์ข้าวเป็นต้น[3] รวมถึงควรพิจารณาวิธีการพยากรณ์อื่นๆ เช่น วิธีการแยกส่วนประกอบอนุกรมเวลา (Decomposition Method) [14] อีกทั้งเมื่อมีราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ที่เป็นปัจจุบันมากขึ้น ผู้วิจัยควรนำมาปรับปรุงตัวแบบ เพื่อให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ค่าในอนาคตต่อไป

**เอกสารอ้างอิง**

1. วรางคณา กีรติวิบูลย์. 2558. การพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ 105. *วารสารวิทยาศาสตร์ มข.* 43(2): 309-323.
2. [ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวขอนแก่น](http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/) กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พันธุ์ข้าว (ข้าวพันธุ์รับรอง). [online] เข้าถึงได้จาก http://kkn-rsc.ricethailand.go.th/rice/variety/. 2558
3. วัลภา จารุมัศย์ ทิพวรรณ ลิมังกูร และปัญญา หมั่นเก็บ. 2557. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลตอบแทนของเกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการรับจำนำข้าวเปลือกจังหวัดสมุทรปราการ. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า.* 32(2): 26-31.
4. วิบูลย์ เทเพนทร์. การวัดความชื้นเมล็ดพืช. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร. [online] เข้าถึงได้จาก www.doa.go.th/aeri/files/research/vb\_moisture\_measure.pdf. 2558.
5. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. ราคาข้าวเปลือกเจ้าความชื้น 15% ที่เกษตรกรขายได้ ณ ไร่นา (บาท/ตัน). [online] เข้าถึงได้จาก http://www.oae.go.th/ewt\_news.php?nid=9749. 2558.
6. ทรงศิริ แต้สมบัติ. 2549. *การพยากรณ์เชิงปริมาณ.* กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
7. Bowerman, B.L. and O’Connell, R.T. 1993. *Forecasting and Time Series: An Applied Approach.* 3rd ed. California: Duxbury Press.
8. Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C. 1994. *Time Series Analysis: Forecasting and Control.* 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall.
9. วรางคณา กีรติวิบูลย์. 2557. การพยากรณ์ปริมาณการส่งออกยางคอมปาวด์. *วารสารวิทยาศาสตร์ มศว.* 30(2): 41-56.
10. สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. 2548. *เทคนิคการพยากรณ์.* พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
11. มุกดา แม้นมินทร์. 2549. *อนุกรมเวลาและการพยากรณ์.* กรุงเทพฯ: โฟร์พริ้นติ้ง.
12. IBM Corporation. IBM SPSS Statistics Information Center. [online] available: http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/spssstat/v20r0m0/index.jsp?. 2015.
13. Montgomery, D.C., Peck, E.A. and Vining, G.G. 2006. *Introduction to Linear Regression Analysis.* 4th ed. New York: Wiley.
14. วรางคณา กีรติวิบูลย์ และเจ๊ะอัฐฟาน มาหิเละ. 2554. ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลม ตามแนวชายฝั่ง จังหวัดสงขลา. *วารสารวิจัยพลังงาน.* 8(3): 63-72.