

ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลม ตามแนวชายฝั่ง จังหวัดสงขลา Forecasting Model of Wind Speed along the Coast of Songkhla Province

วรางคณา กীরติวิบูลย์¹ และ เจ๊ะอัฐฟาน มาหิละ²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการสร้างตัวแบบพยากรณ์ทางสถิติของความเร็วลมด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ข้อมูลความเร็วลมได้ถูกเก็บรวบรวมโดยหน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์-ลม มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ระดับความสูง 20 เมตร ตามแนวชายฝั่งของอำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2553 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2553 ราย 3 ชั่วโมง จำนวน 488 ค่า โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลมวันที่ 1 ถึง 31 สิงหาคม 2553 ราย 3 ชั่วโมง จำนวน 248 ค่า การเปรียบเทียบความแม่นยำของ 2 วิธีการพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ที่ต่ำที่สุด พบว่า วิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาในรูปแบบบวกให้ความแม่นยำในการพยากรณ์สูงกว่าวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

คำสำคัญ: ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ความเร็วลม วิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

Abstract

This study constructs the statistical forecasting models of wind speed by the Box-Jenkins and decomposition methods. The wind speed data were collected by Solar and Wind Energy Research Unit, Thaksin University. Wind speed series at an altitude of 20 meters along the coast of Chana, Songkhla, Thailand during June 1, 2010 until July 31, 2010 for 3-hours period of 488 observations are used to create the forecasting models of wind speed in August 1 – 31, 2010 for 3-hours period of 248 observations. Comparison of the accuracy of two forecasting methods with the criterion of minimum mean squared error (MSE) found that, the additive decomposition method gives a higher accuracy in forecasting than the Box-Jenkins method.

Keywords: Box-Jenkin method, decomposition method, mean squared error (MSE), wind speed

¹ อาจารย์ประจำ สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ และนักวิจัยประจำหน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์-ลม มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

² นิสิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93110

1. บทนำ

ปัญหาการขาดแคลนพลังงานนับเป็นปัญหาหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศ โดยเชื้อเพลิงต่างๆ ที่นำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน นับวันจะมีปริมาณน้อยลง จนอาจจะหมดไปในอนาคต นอกจากนี้ราคาของเชื้อเพลิงดังกล่าวยังมีความผันผวนตามสภาพเศรษฐกิจและการเมืองของโลก ปัจจุบันจึงมีการพัฒนาพลังงานอื่นเพื่อทดแทนแหล่งเชื้อเพลิงนี้ เรียกว่า พลังงานทดแทน ซึ่งหมายถึงพลังงานที่นำมาใช้แทนน้ำมัน เชื้อเพลิง สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามแหล่งที่มา คือ พลังงานทดแทนที่ใช้แล้วหมดไป เรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน นิวเคลียร์ หินน้ำมัน และทรายน้ำมัน เป็นต้น และพลังงานทดแทนที่ใช้แล้วสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน เช่น แสงอาทิตย์ ลม ชีวมวล น้ำ และไฮโดรเจน เป็นต้น โดยพลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานที่สะอาดและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [1]

นักเศรษฐศาสตร์อาจมองว่า การนำพลังงานลมที่เป็นพลังงานหมุนเวียนมาผลิตกระแสไฟฟ้าจะไม่คุ้มกับการลงทุน เนื่องจากการติดตั้งกังหันลมมีราคาสูง เพราะต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เมื่อนำมาใช้ในประเทศไทย จะไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามเป้าหมาย เนื่องจากความเร็วลมของประเทศไทยอยู่ในระดับต่ำและไม่สม่ำเสมอ แต่กังหันลมที่นำเข้ามา ถูกออกแบบเพื่อรับกับสภาพความเร็วลมสูง จากปัญหาเรื่องความไม่คุ้มทุนดังกล่าว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องการทราบระดับความเร็วลมบริเวณพื้นที่ที่จะติดตั้งกังหันลม เพื่อใช้เป็นข้อมูลหนึ่งในการพัฒนาและออกแบบอุปกรณ์เทคโนโลยีกังหันลมให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ที่จะติดตั้ง

การพยากรณ์ระดับความเร็วลมด้วยวิธีการทางสถิติ ถือเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งให้ผลการทำนายที่เชื่อถือได้และสามารถนำผลการพยากรณ์ไปเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์เทคโนโลยีกังหันลมที่มีความเหมาะสมกับระดับความเร็วลมในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่ตามแนวชายฝั่ง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีศักยภาพลมที่ดี ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ คือ การสร้างตัวแบบการพยากรณ์ความเร็วลม ตามแนวชายฝั่ง อำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา โดยเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ทางสถิติ 2 วิธี คือ วิธีบอซ-เจนกินส์ และวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา เพื่อนำผลการพยากรณ์จากตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลมที่ดีที่สุดไปใช้ประโยชน์ในด้านการวางแผนและการพัฒนาเทคโนโลยีกังหันลมภายในประเทศต่อไป

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลความเร็วลม (เมตร/วินาที) ตามแนวชายฝั่งอำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา ที่ใช้ในการศึกษานี้ได้มาจากหน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์-ลม มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง ซึ่งเป็นข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร ราย 3 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2553 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2553 จำนวน 736 ค่า ผู้วิจัยได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด ชุดแรก คือ ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2553 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2553 จำนวน 488 ค่า สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการทางสถิติ 2 วิธี คือ วิธีบอซ-เจนกินส์ และวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา ชุดที่สอง คือ ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 ถึง 31 สิงหาคม 2553 จำนวน 248 ค่า สำหรับการตรวจสอบความแม่นยำของ 2 วิธีการพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ที่ต่ำที่สุด ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล ณ ที่นี้ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

การศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาเป็นการพิจารณาในเบื้องต้นว่าอนุกรมเวลามีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะใด มีส่วนประกอบของอนุกรมเวลาใดบ้าง (แนวโน้ม ฤดูกาล วัฏจักร หรือเหตุการณ์ที่ผิดปกติ) โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา [2, 3]

2.2 การพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

สำหรับการพยากรณ์ระยะสั้น วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่มีความถูกต้องสูงกว่าวิธีอื่นๆ [2] โดยมีตัวแบบทั่วไป คือ seasonal autoregressive integrated moving average อันดับที่ (p, P, q, Q) แทนด้วยตัวย่อ คือ SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s แสดงเป็นสมการได้ดังนี้ [4, 5]

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^s)(1-B)^d(1-B^s)^D Y_t = \delta + \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\varepsilon_t \quad (1)$$

เมื่อ Y_t คือ ข้อมูลอนุกรมเวลา

ε_t คือ อนุกรมเวลาของความคลาดเคลื่อนที่มีการแจกแจงปกติและเป็นอิสระกัน ด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และความแปรปรวนคงที่ทุกช่วงเวลา

$t = 1, 2, \dots, n$

n คือ จำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลา

s คือ จำนวนฤดูกาล

d และ D คือ ลำดับที่ของการหาผลต่างและผลต่างฤดูกาล ตามลำดับ

B คือ ตัวดำเนินการถอยหลัง (backward operator) โดยที่ $B^s Y_t = Y_{t-s}$

$\delta = \mu\phi_p(B)\Phi_P(B^s)$ คือ ค่าคงที่ โดยที่ μ คือ ค่าเฉลี่ยของอนุกรมเวลาที่เสถียร

$\phi_p(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$ คือ ตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ p (non-seasonal autoregressive operator of order p ; AR(p))

$\Phi_P(B^s) = 1 - \Phi_1 B^s - \Phi_2 B^{2s} - \dots - \Phi_P B^{Ps}$ คือ ตัวดำเนินการสหสัมพันธ์ในตัวเองแบบมีฤดูกาลอันดับที่ P (seasonal autoregressive operator of order P ; SAR(P))

$\theta_q(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ คือ ตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบไม่มีฤดูกาลอันดับที่ q (non-seasonal moving average operator of order q ; MA(q))

$\Theta_Q(B^s) = 1 - \Theta_1 B^s - \Theta_2 B^{2s} - \dots - \Theta_Q B^{Qs}$ คือ ตัวดำเนินการเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบมีฤดูกาลอันดับที่ Q (seasonal moving average operator of order Q ; SMA(Q))

ขั้นตอนการสร้างตัวแบบพยากรณ์ของวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ โดยใช้โปรแกรม SPSS รุ่นที่ 17 สรุปได้ดังนี้ [3]

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาอนุกรมเวลาเป็นเสถียรหรือไม่ โดยพิจารณาจากกราฟของอนุกรมเวลาเทียบกับเวลา (Y_t, t) กราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเอง (autocorrelation function: ACF) และกราฟฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วน (partial autocorrelation function: PACF) พร้อมกับตรวจสอบค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของอนุกรมเวลาว่าคงที่หรือไม่ โดยการแบ่งอนุกรมเวลาออกเป็นกลุ่มย่อย เพื่อหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของแต่ละกลุ่ม หากพบว่าอนุกรมเวลาไม่เป็นเสถียร จะทำการแปลงอนุกรมเวลาใหม่ให้เป็นเสถียรก่อนที่จะทำขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดตัวแบบที่เป็นไปได้จากกราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่เป็นเสถียร

ขั้นตอนที่ 3 ประมาณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบและตัดพารามิเตอร์ที่ไม่มีนัยสำคัญออกจากตัวแบบครั้งละ 1 ตัว จากนั้นกำหนดตัวแบบใหม่และทำขั้นตอนนี้ซ้ำจนกว่าจะได้ตัวแบบที่ประกอบด้วยพารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 4 เลือกตัวแบบที่มีค่าเกณฑ์สารสนเทศเบย์เซียน (Bayesian information criterion: BIC) ต่ำที่สุด มีค่าสถิติ Ljung-Box Q ที่ไม่มีนัยสำคัญ และอนุกรมเวลาของค่าประมาณความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ $\{e_t\}$ มีการเคลื่อนไหวที่เป็นอิสระกัน โดยพิจารณาจากกราฟ ACF และ PACF ของ $\{e_t\}$

ขั้นตอนที่ 5 พยากรณ์ข้อมูลในอนาคต โดยใช้ตัวแบบที่ดีที่สุดจากขั้นตอนที่ 4

2.3 การพยากรณ์โดยวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

การวิเคราะห์อนุกรมเวลาแบบแยกส่วนเป็นวิธีการวิเคราะห์ที่เน้นการแยกแต่ละส่วนประกอบของอนุกรมเวลาออกจากกัน แต่ละส่วนประกอบที่แยกออกมาได้จะพบลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลาและนำไปสร้างสมการพยากรณ์ต่อไปได้ [2, 3] การพยากรณ์ระยะสั้นเป็นการพยากรณ์ข้อมูลที่มีช่วงเวลาที่สั้นกว่า 1 ปี ส่วนประกอบของอนุกรมเวลาที่มีอิทธิพลต่อค่าพยากรณ์ระยะสั้น คือ แนวโน้ม (trend) และความผันแปรตามฤดูกาล (seasonal) สำหรับความผันแปรตามวัฏจักร (cyclical) และความผันแปรเนื่องจากเหตุการณ์ที่ผิดปกติ (irregular) จะไม่นิยมนำมาพิจารณา เนื่องจากไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาใด [3] ณ ที่นี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Minitab รุ่นที่ 15 สำหรับวิธีการพยากรณ์นี้ โดยตัวแบบพยากรณ์อาจจะอยู่ในรูปแบบบวกหรือรูปแบบคูณขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายของอนุกรมเวลา กล่าวคือ ถ้าอนุกรมเวลาที่มีการกระจายตัวคงที่ รูปแบบที่เหมาะสมคือรูปแบบบวก แต่ถ้าอนุกรมเวลาที่มีการกระจายตัวไม่คงที่ ควรใช้รูปแบบคูณ [4, 6]

$$\text{รูปแบบบวก: } Y_t = \text{trend} + \text{seasonal} + \text{error} \quad (2)$$

$$\text{รูปแบบคูณ: } Y_t = \text{trend} \times \text{seasonal} + \text{error} \quad (3)$$

2.4 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเปรียบเทียบความแม่นยำของ 2 วิธีการพยากรณ์ ระหว่างวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ และวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา โดยพิจารณาจากเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (mean squared error: MSE) วิธีการพยากรณ์ที่มีค่า MSE ต่ำที่สุด คือ วิธีที่มีความแม่นยำในการพยากรณ์สูงที่สุด เนื่องจากมีความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์น้อยที่สุด ซึ่งสูตรของ MSE เป็นดังนี้

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2 \quad (4)$$

เมื่อ Y_t คือ ข้อมูลอนุกรมเวลา ณ เวลา t , \hat{Y}_t คือ ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t และ n คือ จำนวนข้อมูลในอนุกรมเวลา

3. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ตามขั้นตอนของวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 ผลการศึกษาลักษณะการเคลื่อนไหวของอนุกรมเวลา

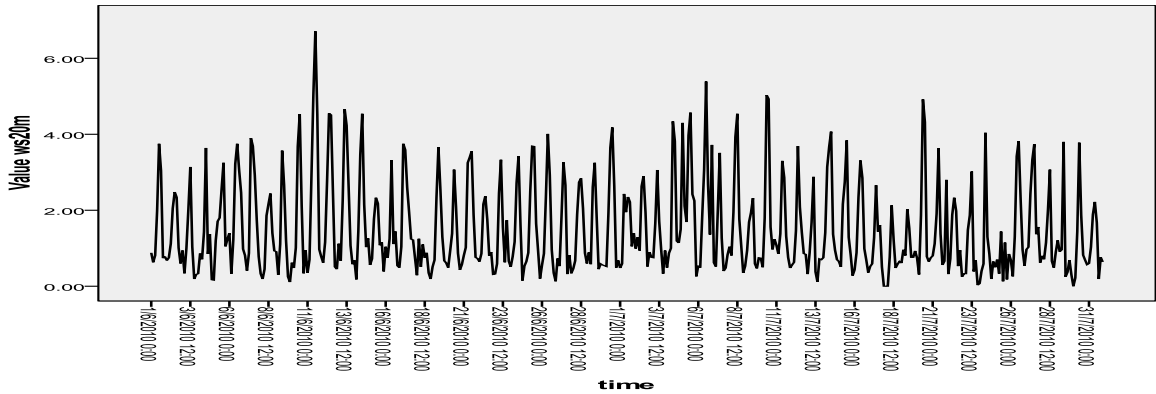
ผลจากการพิจารณารูปลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร ราย 3 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2553 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม 2553 จำนวน 488 ค่า ดังรูปที่ 1 พบว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นความเร็วลมมีการเคลื่อนไหวอย่างคงที่ในลักษณะขนานกับแกนของเวลา รวมถึงมีการเกิดซ้ำของความเร็วลมในทุก ๆ 8 ค่า กล่าวคือ ความเร็วลมค่าที่ 1 ถึง 2 มีค่าต่ำ ความเร็วลมค่าที่ 3 ถึง 5 มีค่าสูงขึ้น และความเร็วลมค่าที่ 6 ถึง 8 มีค่าลดลงอีกครั้ง ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าอนุกรมเวลาชุดนี้ไม่มีแนวโน้ม มีเพียงความผันแปรตามฤดูกาลเท่านั้น

3.2 ผลการพยากรณ์โดยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

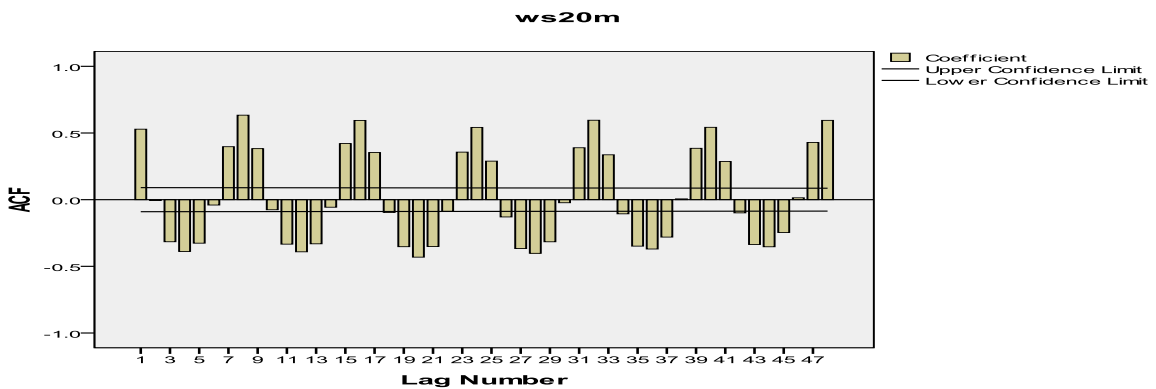
ผลจากการพิจารณารูปลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร กราฟ ACF และ PACF ดังรูปที่ 1 – 3 พบว่า อนุกรมเวลายังไม่เสถียรขึ้นารี โดยกราฟ ACF ในรูปที่ 2 มีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบคลื่นไซน์ (sine-wave fashion) ที่มีช่วงเวลาของการเกิดข้อมูลซ้ำรูปแบบเดิมในแต่ละครั้งประมาณ 8 ช่วงเวลา ขณะที่กราฟ PACF ในรูปที่ 3 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บางส่วนสูงในช่วงเวลาแรก ๆ แล้วค่อย ๆ ลดลง ดังนั้น ณ ที่นี้จึงแปลงข้อมูลด้วยการหาผลต่างฤดูกาลลำดับที่ 1 เมื่อจำนวนฤดูกาล เท่ากับ 8 ($D = 1$ และ $s = 8$) กราฟ ACF และ PACF ของอนุกรมเวลาที่แปลงข้อมูลแล้ว แสดงดังรูปที่ 4 และ 5 พบว่า อนุกรมเวลามีลักษณะเสถียรขึ้นารี จึงกำหนดตัวแบบที่เป็นไปได้ พร้อมกับประมาณค่าพารามิเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยตัวแบบที่มีค่า BIC ต่ำที่สุด และมีค่าสถิติ Ljung-Box Q ไม่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 คือ ตัวแบบ SARIMA (1, 0, 0)(0, 1, 1)₈ ที่ไม่มีพจน์ของค่าคงที่ ดังแสดงในตารางที่ 2 จากตัวแบบที่ได้เมื่อพิจารณารูปความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับเวลาใน

รูปที่ 6 พบว่า ความคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบคงที่รอบค่าศูนย์ แสดงว่า ความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างจากศูนย์ และมีความแปรปรวนคงที่ พิจารณากราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนในรูปที่ 7 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนของความคลาดเคลื่อนตกอยู่ในขอบเขตความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ยกเว้นช่วงเวลาที่ 15 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เกินจากขอบเขตเพียงเล็กน้อย ซึ่งไม่มีผลเสียแต่อย่างใดเนื่องจากเป็นสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองและสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนในอันดับที่ 15 (ความสัมพันธ์ระหว่าง e_t กับ e_{t-15}) ดังนั้น ตัวแบบ SARIMA (1, 0, 0)(0, 1, 1)₈ ที่ไม่มีพจน์ของค่าคงที่ มีความเหมาะสมแล้ว ตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร เป็นดังนี้

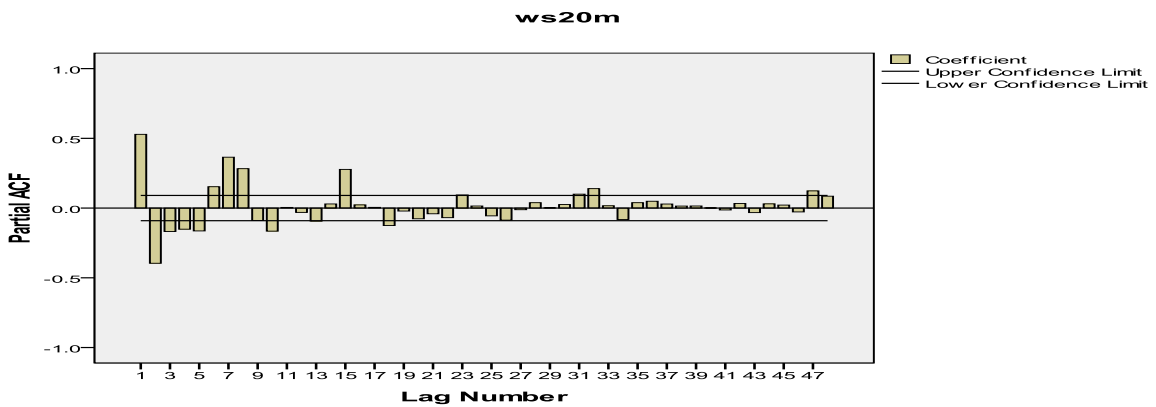
$$\hat{Y}_t = 0.418Y_{t-1} + Y_{t-8} - 0.418Y_{t-9} - 0.907e_{t-8} \tag{5}$$



รูปที่ 1 ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร



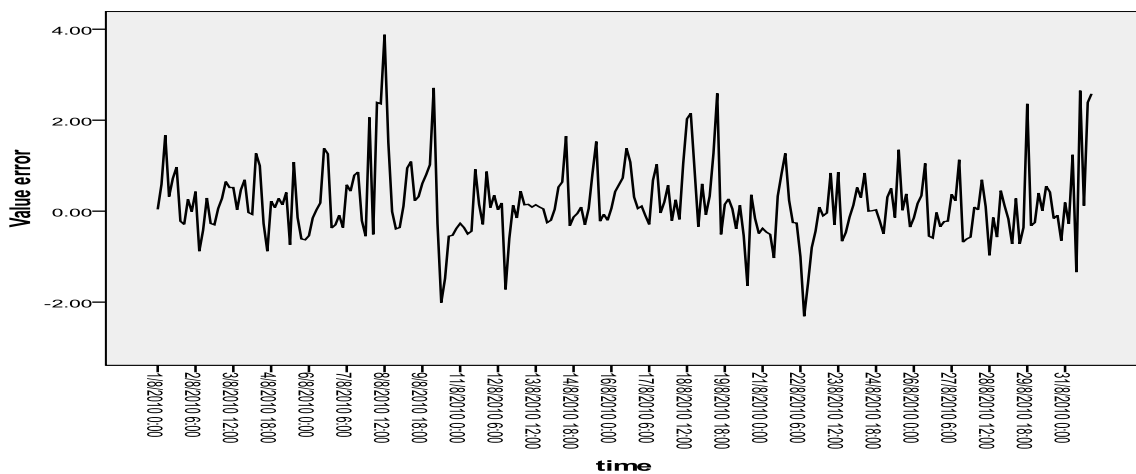
รูปที่ 2 กราฟ ACF ของข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร



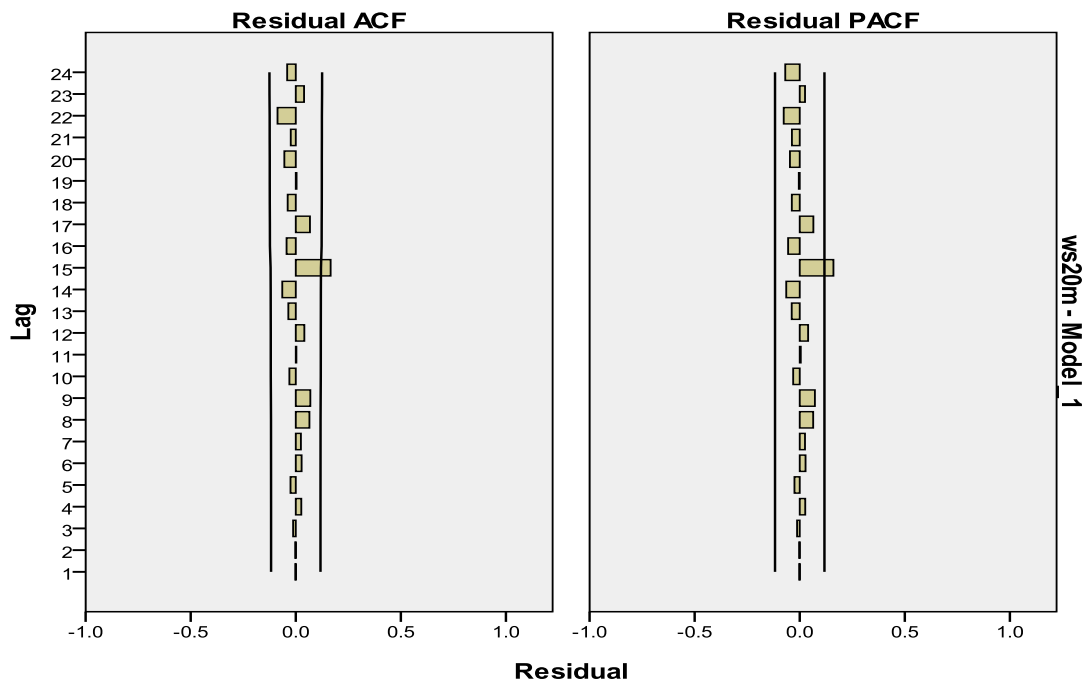
รูปที่ 3 กราฟ PACF ของข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร

ตารางที่ 2 ค่า BIC และค่าสถิติ Ljung-Box Q ของตัวแบบ SARIMA(p, d, q)(P, D, Q)_s

SARIMA(p, d, q)(P, D, Q) _s	BIC	Ljung-Box Q (at lag 18)	
		statistics	p-value
SARIMA(1, 0, 1)(3, 1, 1) ₈	-0.521	24.783	0.016
SARIMA(1, 0, 1)(3, 1, 1) ₈ no constant	-0.533	24.822	0.016
SARIMA(1, 0, 0)(3, 1, 1) ₈ no constant	-0.548	24.508	0.027
SARIMA(1, 0, 0)(2, 1, 1) ₈ no constant	-0.562	23.555	0.052
SARIMA(1, 0, 0)(1, 1, 1) ₈ no constant	-0.576	23.912	0.067
SARIMA(1, 0, 0)(0, 1, 1) ₈ no constant	-0.585	27.428	0.037



รูปที่ 6 กราฟความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เทียบกับเวลาจากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์



รูปที่ 7 กราฟ ACF และ PACF ของความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์จากวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์

3.3 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

จากการแบ่งข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร ออกเป็นกลุ่มย่อย คำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของแต่ละกลุ่ม แสดงดังตารางที่ 3 พบว่า อนุกรมเวลามีค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน หมายความว่า อนุกรมเวลาที่มีการกระจายตัวคงที่ ดังนั้นรูปแบบที่เหมาะสม คือ รูปแบบบวก ดังสมการที่ (2) และเพื่อความมั่นใจว่าอนุกรมเวลาชุดนี้ไม่มีแนวโน้ม จึงทำการทดสอบด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression analysis) ระหว่างตัวแปรอิสระ คือ เวลา (time) และตัวแปรตาม คือ ความเร็วลม (ws20m) ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 8 พบว่าค่า P (p-value) ของตัวแปรเวลามีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่มากกว่า 0.01 และ $R^2 = 0.9\%$ หมายความว่า เวลา มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็วลมที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับความเร็วลมที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 โดยเวลาสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของความเร็วลมได้เพียงร้อยละ 0.9 เท่านั้น ซึ่งน้อยมาก ดังนั้นในการวิเคราะห์ครั้งนี้จะใช้ค่าเฉลี่ยแทนค่าแนวโน้มในสมการที่ (2) ผลลัพธ์ของดัชนีฤดูกาล (seasonal index) ทั้ง 8 ฤดูกาล แสดงดังรูปที่ 9 สามารถอธิบายได้ว่า ความเร็วลม ณ ช่วงเวลาที่ 1 และ 2 มีค่าน้อย ในขณะที่ความเร็วลม ณ ช่วงเวลาที่ 3 ถึง 5 มีค่าสูงขึ้น และลดลงอีกครั้งหนึ่งเมื่อถึงช่วงเวลาที่ 6, 7 และ 8 ค่าพยากรณ์จากรูปแบบบวกของวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา เป็นดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ช่วงเวลาที่ 1 เวลา 00.00 น. ของทุกวัน} & \hat{Y}_t = 1.50427 - 0.83528 = 0.66899 \\
 \text{ช่วงเวลาที่ 2 เวลา 03.00 น. ของทุกวัน} & \hat{Y}_t = 1.50427 - 0.72167 = 0.78260 \\
 \text{ช่วงเวลาที่ 3 เวลา 06.00 น. ของทุกวัน} & \hat{Y}_t = 1.50427 + 0.15729 = 1.66156 \\
 \text{ช่วงเวลาที่ 4 เวลา 09.00 น. ของทุกวัน} & \hat{Y}_t = 1.50427 + 1.72168 = 3.22595 \\
 \text{ช่วงเวลาที่ 5 เวลา 12.00 น. ของทุกวัน} & \hat{Y}_t = 1.50427 + 1.38948 = 2.89375 \\
 \text{ช่วงเวลาที่ 6 เวลา 15.00 น. ของทุกวัน} & \hat{Y}_t = 1.50427 - 0.15979 = 1.34448 \\
 \text{ช่วงเวลาที่ 7 เวลา 18.00 น. ของทุกวัน} & \hat{Y}_t = 1.50427 - 0.72472 = 0.77955 \\
 \text{ช่วงเวลาที่ 8 เวลา 21.00 น. ของทุกวัน} & \hat{Y}_t = 1.50427 - 0.82700 = 0.67727
 \end{aligned} \tag{6}$$

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร จำแนกตามกลุ่มย่อย

กลุ่มที่	ข้อมูลตัวที่	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน	กลุ่มที่	ข้อมูลตัวที่	ค่าเฉลี่ย	ความแปรปรวน
1	1 – 32	1.31	1.00	9	257 – 288	2.04	2.08
2	33 – 64	1.70	1.27	10	289 – 320	1.60	1.84
3	65 – 96	1.96	3.22	11	321 – 352	1.48	1.24
4	97 – 128	1.63	1.53	12	353 – 384	1.21	1.05
5	129 – 160	1.36	1.10	13	385 – 416	1.39	1.32
6	161 – 192	1.48	1.13	14	417 – 448	1.09	1.21
7	193 – 224	1.53	1.41	15	449 – 488	1.29	1.07
8	225 – 256	1.56	1.13	เฉลี่ย	1 – 488	1.50	1.45

3.4 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการพยากรณ์

จากการใช้ตัวแบบในสมการที่ (5) และ (6) เพื่อพยากรณ์ข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร วันที่ 1 ถึง 31 สิงหาคม 2553 ราย 3 ชั่วโมง จำนวน 248 ค่า ได้ค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับค่าพยากรณ์ (error) เพื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ในสมการที่ (4) พบว่า รูปแบบบวกของวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา มีความแม่นยำในการพยากรณ์สูงกว่าวิธีบอกซ์-เจนกินส์ เนื่องจากมีความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงกับ

ค่าพยากรณ์น้อยกว่า หรือมีค่า MSE ที่ต่ำกว่า รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูล ความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร และค่าพยากรณ์จากวิธีการทางสถิติ 2 วิธี แสดงดังรูปที่ 10

Regression Analysis: ws20m versus time					
The regression equation is					
ws20m = 1.71 - 0.000822 time					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	
Constant	1.7052	0.1090	15.65	0.000	
time	-0.0008217	0.0003862	-2.13	0.034	
S = 1.20170		R-Sq = 0.9%		R-Sq(adj) = 0.7%	

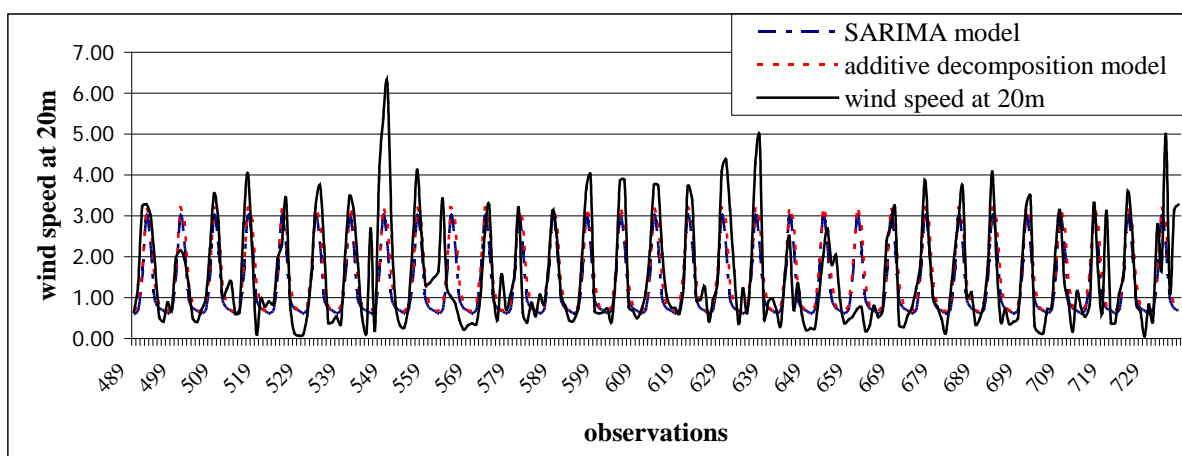
รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายของข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร

Time Series Decomposition for ws20m	
Additive Model	
Data	ws20m
Length	488
NMissing	0
Seasonal Indices	
Period	Index
1	-0.83528
2	-0.72167
3	0.15729
4	1.72168
5	1.38948
6	-0.15979
7	-0.72472
8	-0.82700

รูปที่ 9 ดัชนีฤดูกาลของข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร
จากรูปแบบบวกของวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา

ตารางที่ 4 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลม 2 วิธี

	SARIMA	additive decomposition
MSE	0.7161	0.6522



รูปที่ 10 การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร และค่าพยากรณ์จากวิธีการทางสถิติ 2 วิธี

4. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

การพยากรณ์ความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร ตามแนวชายฝั่งของอำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย โดยใช้วิธีการทางสถิติ 2 วิธี คือ วิธีบอกรีท-เจนกินส์ และวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลา เปรียบเทียบความแม่นยำของ 2 วิธีการพยากรณ์ด้วยเกณฑ์ของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE) ที่ต่ำที่สุด พบว่า วิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาโดยใช้รูปแบบบวกให้ความแม่นยำในการพยากรณ์สูงกว่าวิธีบอกรีท-เจนกินส์ โดยใช้ตัวแบบ SARIMA (1, 0, 0)(0, 1, 1)₈ ที่ไม่มีพจน์ของค่าคงที่ ดังนั้นตัวแบบจากวิธีการแยกส่วนประกอบของอนุกรมเวลาโดยใช้รูปแบบบวก มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์ความเร็วลมที่ระดับความสูง 20 เมตร ตามแนวชายฝั่งของอำเภอจะนะ จังหวัดสงขลา ประเทศไทย ต่อไป

เพื่อประโยชน์ในด้านการวางแผน และการพัฒนาเทคโนโลยีกักเก็บลมภายในประเทศ การศึกษาครั้งต่อไปควรสร้างตัวแบบพยากรณ์ความเร็วลมที่ระดับความสูงอื่นๆ เช่น 30, 40, 50 และ 100 เมตร เป็นต้น รวมถึงควรประยุกต์ใช้วิธีการสร้างตัวแบบวิธีอื่นๆ เช่น โครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural networks หรือ ANN) เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ความเร็วลมกับวิธีที่นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์-ลม มหาวิทยาลัยทักษิณ ที่เอื้อเพื่อข้อมูลความเร็วลมสำหรับการศึกษานี้

บรรณานุกรม

- [1] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2554. พลังงานทดแทน. (ออนไลน์). สืบค้นเมื่อ 9 มิถุนายน 2554 จาก <http://www2.egat.co.th/re/>
- [2] ทรงศิริ แต่สมบัติ. 2549. การพยากรณ์เชิงปริมาณ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] สมเกียรติ เกตุเอี่ยม. 2548. เทคนิคการพยากรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 2. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [4] Bowerman, B. L. and O'Connell, R. T. 1993. Forecasting and time series: an applied approach. 3rd ed. California: Duxbury Press.
- [5] Box, G. E. P., Jenkins G. M. and Reinsel, G. C. 1994. Time series analysis: forecasting and control. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall.
- [6] Keerativibool, W., Waewsak, J. and Kanjnasamranwong, P. 2011. Short-Term Forecast of Wind Speed at Chana District, Songkhla Province, Thailand. Proceedings of the 2011 International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies, May 25-28 (AEDCEE2011). Hat Yai, Thailand: Pp.343-350.