

การประเมินผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานลม
ภายใต้ความไม่แน่นอนโดยใช้กระบวนการสโตแคสติก
Financial Return Assessment of Wind Power Plant
under Uncertainty by Stochastic Process

รัชชา สามพิมพ์^{1*}
Tatcha Sampim^{1*}

บทคัดย่อ

ประเทศไทยได้กำหนดเป้าหมายพลังงานจากลมในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก โดยมีความต้องการผลิตพลังงานจากลมเพิ่มขึ้นกว่า 1,673 เมกะวัตต์ ภายในปี พ.ศ. 2579 แต่ปัจจุบันพบว่าวิธีการประเมินผลตอบแทนโครงการด้วยกระบวนการดั้งเดิมไม่สามารถพิจารณาความไม่แน่นอนได้ ส่งผลให้นักลงทุนขาดความเชื่อมั่นในการตัดสินใจลงทุนในโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการประเมินผลตอบแทนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมด้วยกระบวนการสโตแคสติก ที่คำนึงถึงผลจากปัจจัยของความไม่แน่นอนของโครงการที่มีผลต่อผลตอบแทนของโครงการ ซึ่งจะเป็นการช่วยเพิ่มความมั่นใจในการตัดสินใจลงทุนในโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมมากขึ้น ผลการประเมินผลตอบแทนโครงการพลังงานลม พบว่า 1) การวิเคราะห์ผลตอบแทนแบบวิธีดั้งเดิม สามารถคำนวณผลตอบแทนเท่ากับ 15,253,051 บาท 2) การวิเคราะห์ผลตอบแทนแบบวิธีสโตแคสติก โดยการจำลองโปรแกรมจำนวน 50,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม Matlab พบว่า ค่าคาดหวังของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 22,915,000 บาท กลับพบโอกาสขาดทุนเท่ากับ 0.23 เปอร์เซนต์ โดยมีความเป็นไปได้ของค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุดมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ -8,187,800 และ 61,597,000 บาท ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประเมินผลตอบแทนทางการเงิน กระบวนการสโตแคสติก โรงไฟฟ้าพลังงานลม

¹ สาขาวิชานวัตกรรมชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

* Corresponding author e-mail: tatcha_sam@nstru.ac.th

Received: 6 January 2022, Revised: 10 January 2022, Accepted: 11 January 2022

Abstract

Thailand's targets about wind power were set in the alternative energy development plan. Needs for wind power increase to more than 1,673 MW within 2036. However, it was found that the current assessment on return on investment of the project by the deterministic process could not determine the uncertainty and caused the investors lacking of confidence to invest in the wind power projects. Therefore, this research aimed to develop the assessment of the wind power projects by using the stochastic process that concerning about uncertainty factors of the projects that impacted on the returns of the projects. This will increase the confidence to invest in wind power projects. The results of the assessment found that 1) the analysis of returns on investment from the deterministic process can calculate the equity's net present value that equals to 15,253,051 baht 2) the analysis of returns on investment from the Stochastic process by simulating 50,000 times of Matlab program found that the expected of equity's net present value equals to 22,915,000 baht. The chance of loss was 0.23%. The minimum and maximum probabilities of the equity's net present value equals to -8,187,800 and 61,597,000 baht respectively.

Keywords: Financial return assessment, Stochastic process, Wind power plant

บทนำ

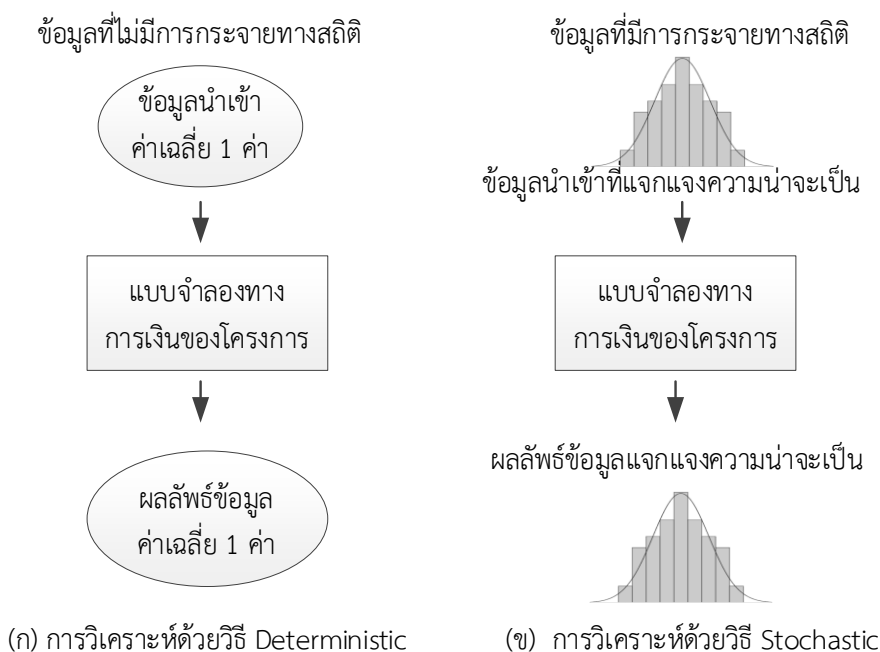
สถานการณ์ความต้องการใช้พลังงานที่สูงขึ้นประกอบกับปัญหาภาวะโลกร้อนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกส่งผลให้มีการใช้แหล่งพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมทดแทนการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (Wesseh and Lin, 2016) เช่น พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนอกจากจะสามารถเข้าถึงการใช้พลังงานได้ในทุกพื้นที่แล้ว พลังงานทดแทนยังสามารถสร้างโอกาสของธุรกิจใหม่ ช่วยลดการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงฟอสซิลจากต่างประเทศและยังเป็นการลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกได้อีกทางหนึ่ง (Bartolomeu *et al.*, 2011)

จากความสำคัญดังกล่าว ประกอบกับประเทศไทยซึ่งมีศักยภาพพลังงานทดแทนจำนวนมาก รัฐบาลไทยจึงได้พยายามเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทน โดยสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงานได้ออกนโยบายการเพิ่มเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนที่สูงขึ้นไว้ในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (ปฐมทัศน์, 2553) อย่างไรก็ตามการนำพลังงานทดแทนมาใช้เป็นแหล่งพลังงานยังประสบปัญหาและอุปสรรคหลายประการ เช่น เทคโนโลยีมีต้นทุนสูง ความไม่แน่นอนของแหล่งพลังงาน เป็นต้น ข้อจำกัดเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญที่เป็นอุปสรรคต่อการลงทุนในโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลม จะเห็นได้จากการขอยกเลิกโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อพิจารณาเป้าหมายพลังงานจากลมในแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกพบว่าประเทศไทยยังมีความต้องการผลิตพลังงานจากลมกว่า 1,673 เมกะวัตต์

ภายในปี พ.ศ. 2579 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2562; กระทรวงพลังงาน, 2562) สถานการณ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงปัญหาบางประการในการประเมินผลตอบแทนของการดำเนินงานโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมในประเทศไทย

โดยปกติการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการจะเป็นเครื่องมือสำคัญในการตัดสินใจว่าจะลงทุนในโครงการหรือไม่ กระบวนการแบบดั้งเดิม (deterministic process) ที่ใช้อย่างแพร่หลาย เป็นการประมาณการตัวแปรที่มีความไม่แน่นอนโดยใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวแทนของข้อมูล ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีข้อจำกัดตรงที่ไม่ได้คำนึงถึงผลจากปัจจัยของความไม่แน่นอนได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการลงทุนในปัจจุบันมักจะต้องเผชิญกับความไม่แน่นอนค่อนข้างสูง การวิเคราะห์บนฐานวิธีการแบบดั้งเดิมอาจไม่เหมาะสมที่จะใช้พิจารณาสำหรับการประเมินโครงการในปัจจุบันได้ (Dixit and Pindyck, 2012)

วิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าว คือ การวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการด้วยกระบวนการสโตแคสติก (stochastic process) ซึ่งกระบวนการนี้สามารถประเมินข้อมูลที่มีความไม่แน่นอน (Dan and Sarah, 2019) เช่น ความไม่แน่นอนของความเร็วลม โดยกระบวนการวิเคราะห์ผลตอบแทนจะนำเข้าสู่ข้อมูลที่มีพฤติกรรมความไม่แน่นอนเป็นตัวแปรสุ่ม (random variable) มาทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนออกมาในรูปแบบผลของการแจกแจงความน่าจะเป็น (Sampim and Kokkaew, 2017) ดังภาพที่ 1



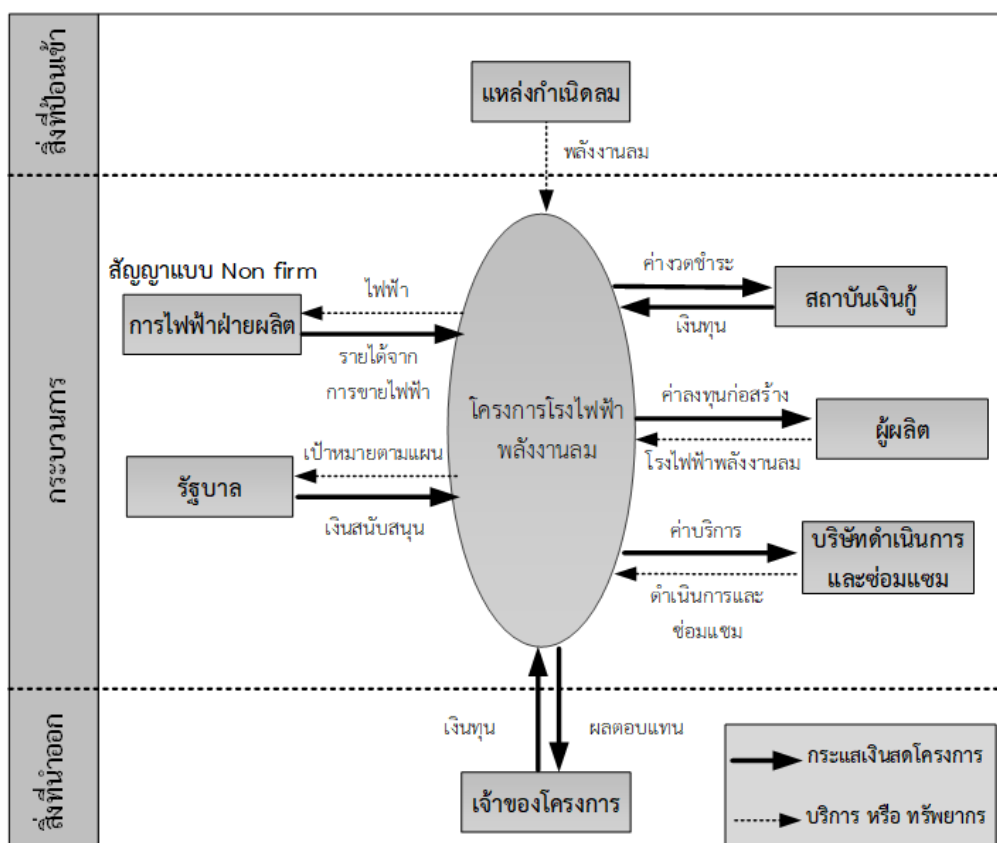
ภาพที่ 1 การวิเคราะห์ผลตอบแทนของโครงการ

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีการประเมินผลตอบแทนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมด้วยกระบวนการสโตแคสติก ที่คำนึงถึงผลจากปัจจัยของความไม่แน่นอนของโครงการที่มีผลต่อผลตอบแทนของโครงการ ซึ่งจะเป็นการช่วยเพิ่มความมั่นใจในการตัดสินใจลงทุนในโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมมากขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แบบจำลองทางการเงินกรณีศึกษาโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลม

จากการวิเคราะห์ระบบปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลตอบแทนของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลม สามารถแบ่งกระแสเงินสดของโครงการ ได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ กระแสเงินสดไหลเข้า และ กระแสเงินสดไหลออก ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระบบปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผลตอบแทนของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลม

ซึ่งในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงต้นทุนต่าง ๆ จากคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 1 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2563) อย่างไรก็ตามเพื่อให้กรณีศึกษามีผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องยิ่งขึ้น จึงมีการเพิ่มเงื่อนไขในการวิเคราะห์ผลตอบแทน เช่น โดยส่วนใหญ่โครงการที่มีการลงทุนสูง จึงสมมติให้มีการกู้เงินทุนจากสถาบันการเงิน และนอกจากนี้ในการดำเนินโครงการจะต้องมีการคิดหักภาษีเงินได้อีกด้วย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 กระแสเงินสดไหลเข้า (cash flow in)

กระแสเงินสดไหลเข้าของโครงการสามารถแบ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 2 ช่องทาง ประกอบด้วย 1) ช่องทางรายได้จากการขายค่าไฟฟ้า ซึ่งจะพิจารณา 2 รูปแบบ ได้แก่ ราคารับซื้อทั่วไป (กำหนดให้มีราคาเท่ากับ 3 บาทต่อหน่วย) และราคารับซื้อผ่านรูปแบบ FiT (Sopitsuda and Chris, 2013) (กำหนดให้มีราคาเท่ากับ 6.06 บาทต่อหน่วย) และ 2) เงินลงทุนรวมเท่ากับ 58,206,835 บาท โดยแบ่งเป็นส่วนเจ้าของ 60 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 34,924,101 และส่วนเจ้าหนี้ 40 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 23,282,734 บาท

1.2 กระแสเงินสดไหลออก (cash flow out)

กระแสเงินสดไหลออกของโครงการสามารถแบ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ 4 ทาง ประกอบด้วย 1) เงินลงทุนก่อสร้างรวมทั้งหมด เท่ากับ 58,206,835 บาท 2) ค่าดำเนินการและซ่อมแซม เท่ากับ 886,259 บาทต่อปี 3) ค่างวดชำระหนี้ (เงินต้น+ดอกเบี้ย) เท่ากับ 3,137,025 บาทต่อปี โดยมีระยะเวลาการชำระอยู่ที่ 10 ปี และ 4) ค่าภาษี ซึ่งคิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของยอดหักด้วยค่าเสื่อมราคาและดอกเบี้ยจ่าย และได้รับการยกเว้นภาษีใน 10 ปีแรก ตามนโยบายส่งเสริมการลงทุน (BOI)

2. ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของรูปแบบการสนับสนุนพลังงานลม

ในปัจจุบันรัฐบาลได้ออกแบบนโยบายสนับสนุนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมแบบ FiT (Cory *et al.*, 2009; Tongsopit, 2015) โดยรัฐบาลจ่ายเงินสนับสนุนให้โครงการตลอดเวลา 20 ปี (Pita *et al.*, 2015) แปรผันตามหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโครงการ (Chul, 2021) โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์ของปริมาณเงินสนับสนุนแปรผันตรงกับรายได้และพลังงานลมในแต่ละช่วง (ธัชชา, 2563) ดังสมการที่ (1)

$$R_{FiT, t} = S_{FiT} \cdot (Q) \quad (1)$$

โดยที่ $R_{FiT, t}$ คือ รายได้รวมจากการขายไฟฟ้าและการสนับสนุนในเดือนที่ t

S_{FiT} คือ อัตราซื้อไฟฟ้าจากพลังงานลมในรูปแบบ FiT (6.06 บาทต่อหน่วย)

Q คือ หน่วยไฟฟ้า กิโลวัตต์-ชั่วโมง

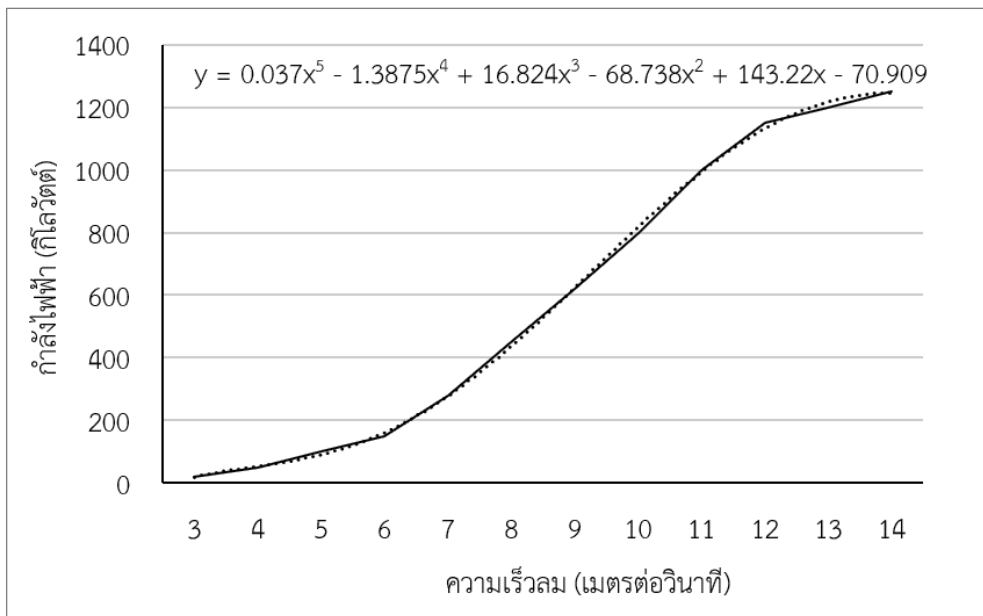
3. การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ของกรณีศึกษาโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลม

โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ มีการปรับใช้ข้อมูลจากคู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 1 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560) โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 5 ไร่ ทำการติดตั้งกังหันลมขนาด 1,250 กิโลวัตต์ ที่ความสูงโรเตอร์ 75 เมตร โดยสมรรถนะตามระดับความเร็วลม (power curve) ดังภาพที่ 3 ซึ่งสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ดังสมการที่ (2)

$$y = 0.0044x^6 - 0.133x^5 + 1.1754x^4 - 1.9464x^3 - 0.2179x^2 + 29.615x + 7.8788 \quad (2)$$

เมื่อ y คือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ (กิโลวัตต์)

x คือ ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)



ภาพที่ 3 กราฟเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้

4. การสร้างแบบจำลองความเร็วลมแบบกระบวนการสโตแคสติก

งานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลความเร็วลมจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครศรีธรรมราช ย้อนหลัง 13 ปี ในช่วง พ.ศ. 2550-2563 ที่ระดับความสูง 10 เมตร ทำการประมาณค่าความเร็วนอก ช่วงตรวจวัด โดยกำหนดสัมประสิทธิ์แรงเฉือนลม เท่ากับ 0.32 (ชนะ และคณะ, 2552) จะสามารถ หาค่าความเร็วลมที่ระดับความสูง 100 เมตร สามารถวิเคราะห์ลักษณะพฤติกรรมของข้อมูลความเร็ว ลมได้ดังนี้ 1) พฤติกรรมการแกว่งค่าเฉลี่ยของข้อมูลความเร็วลมรายวันแบบฤดูกาล โดยความเร็ว จะมีค่าสูงในเวลากลางวัน และเกือบเป็น 0 เมตรต่อวินาที ในเวลากลางคืน 2) พฤติกรรมการแกว่ง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลความเร็วลมรายวันแบบฤดูกาล แปรผันตามค่าเฉลี่ย โดยค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานจะมีค่าสูงในเวลากลางวัน และจะมีค่าต่ำในเวลากลางคืน 3) พฤติกรรมการแกว่งค่าเฉลี่ย ของข้อมูลความเร็วลมรายปี ย้อนหลัง 13 ปี แบบวิ่งเข้าสู่ค่าคาดหวัง กล่าวคือ เมื่อใดที่ความเร็วลม เฉลี่ยรายปีมีค่าต่ำกว่าค่าคาดหวัง แนวโน้มถัดไปค่าจะปรับตัวเพิ่มขึ้นเข้าสู่ค่าคาดหวัง ในทางกลับกัน เมื่อใดที่ความเร็วลมเฉลี่ยรายปีมีค่าสูงกว่าค่าคาดหวังแนวโน้มถัดไปค่าจะปรับตัวลดลงเข้าสู่ค่าเฉลี่ย เช่นกัน โดยค่าคาดหวังของข้อมูล 13 ปีย้อนหลัง เท่ากับ 2.19 เมตรต่อวินาที 4) ความเร็วลมเฉลี่ย ระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พบว่าค่าความเร็วลมรายเดือนมีพฤติกรรมแบบฤดูกาลอีกด้วย โดยความเร็วลมจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในช่วงไตรมาส 1 ช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม จากนั้นลดลงใน

ไตรมาสที่ 2 และ 3 ในช่วงเดือนเมษายนถึงกันยายน และกลับมาสูงขึ้นอีกครั้งในไตรมาส 4 ช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม

เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างแบบจำลองแบบสโตแคสติก (stochastic) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ได้รับความนิยมในการพยากรณ์ตัวแปรที่มีความไม่แน่นอน (Zhang *et al.*, 2016) จะสามารถอธิบายรายละเอียดพฤติกรรมต่าง ๆ ให้ใกล้เคียงกับข้อมูลความเร็วลมได้มากขึ้น เช่น พฤติกรรมการสุมของตัวแปร แนวโน้ม ความเป็นวัฏจักร และความเป็นฤดูกาล ตามการวิเคราะห์พฤติกรรมของความเร็วลม ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 พฤติกรรมการสุม

การสุมเป็นพฤติกรรมของตัวแปรที่มีความไม่แน่นอน ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองได้โดยใช้กระบวนการเวเนอร์ (weiner process) หรือการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน โดยถ้า $Z(t)$ แทนพฤติกรรมของการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน และให้การเปลี่ยนแปลงในช่วงสั้น ๆ ของ Z คือ dZ สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงในเวลาสั้น ๆ dt เป็นไปตามเงื่อนไขดังนี้

1) ความสัมพันธ์ระหว่าง dZ และ dt เป็นดังสมการ $dZ = \varepsilon_t \sqrt{dt}$ เมื่อ ε_t มีการกระจายตัวแบบปกติ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1

2) ε_t ไม่มีความสัมพันธ์กับแบบต่อเนื่อง กล่าวคือ $E(\varepsilon_t \varepsilon_s) = 0$ สำหรับ $t \neq s$ เมื่อพิจารณา Δt เป็นช่วงสั้นมาก ๆ กระบวนการเวเนอร์ สามารถแสดงแบบเวลาต่อเนื่องแทนด้วยสมการที่ (3)

$$dZ = \varepsilon_t \sqrt{dt} \quad (3)$$

และสามารถแปลงเป็นสมการปกติเป็นการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนแบบมีแนวโน้ม ดังสมการที่ (4)

$$dx = \alpha dt + \sigma dZ \quad (4)$$

เมื่อ dZ คือ การเพิ่มขึ้นของกระบวนการเวเนอร์ ดังสมการที่ (3) α คือ พารามิเตอร์แนวโน้ม และ σ คือ พารามิเตอร์ความเบี่ยงเบน

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ข้อมูลความเร็วลม พบว่าแบบจำลองการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนไม่สามารถอธิบายพฤติกรรมความเร็วลมได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงต้องมีการปรับรูปแบบจำลองความเร็วลมเพื่ออธิบายพฤติกรรมอื่น ๆ เช่น การปรับตัวสู่ค่าเฉลี่ย (mean reversion) และความผันผวนตามฤดูกาล (seasonality)

4.2 พฤติกรรมปรับตัวสู่ค่าเฉลี่ย

การจำลองพฤติกรรมปรับตัวสู่ค่าเฉลี่ยในงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองของออเรนสไตน์และอูล์มเบค (ornstein and uhlenbeck process) ซึ่งในแบบจำลองนี้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของความเร็วลมจะมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงโดยวิ่งเข้าสู่ค่าเฉลี่ยระยะยาว ดังสมการที่ (5)

$$dx = \kappa(L - x_t)dt + \sigma dz \quad (5)$$

เมื่อ x_t คือ ความเร็วลมที่ความเร็ว t L คือ ค่าเฉลี่ยความเร็วลมระยะยาว และ κ คือ ความเร็วในการกลับสู่ค่าเฉลี่ย โดยเทอมแรกด้านซ้ายจะอธิบายพฤติกรรมกลับ

สู่ค่าเฉลี่ย โดยเมื่อค่าความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าอยู่ต่ำกว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยระยะยาว และในทางกลับกันค่าความเร็วลมจะลดลงเมื่อค่าอยู่สูงกว่าค่าความเร็วลมเฉลี่ยระยะยาว ส่วนเทอมที่สองจะอธิบายการแจกแจงความไม่แน่นอนตัวแปรสุ่มของค่าความเร็วลม

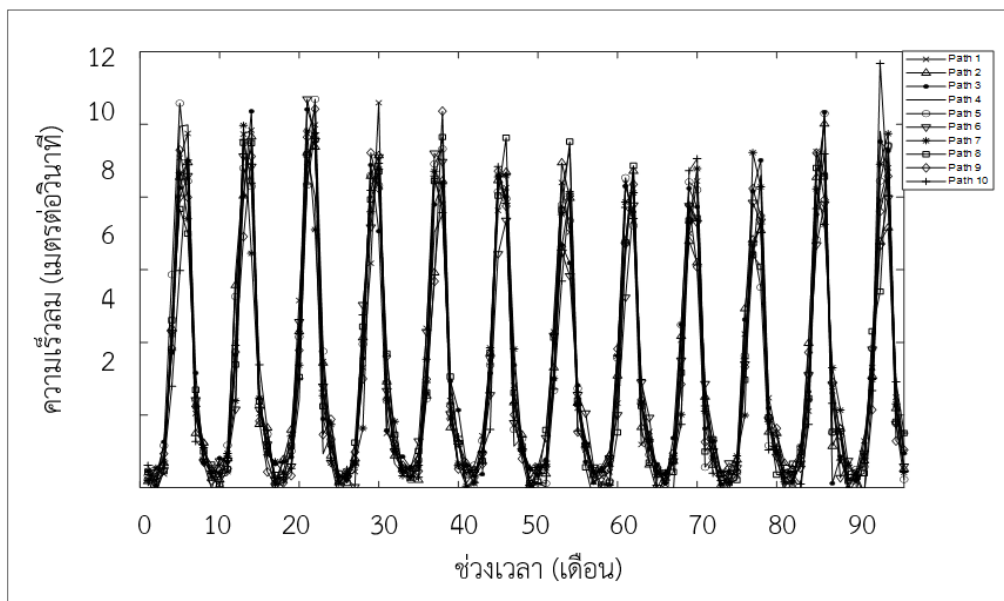
4.3 พฤติกรรมความผันผวนตามฤดูกาล

โดยทั่วไปค่าความเร็วลมจะแปรผันตามฤดูกาล ตัวอย่างเช่น ในเวลากลางวันความเร็วลมจะสูงกว่ากลางคืน และในช่วงต้นปีความเร็วลมจะสูงกว่าช่วงกลางปี ซึ่งพฤติกรรมดังกล่าวสามารถจำลองได้โดยใช้สมการที่ (6) (Sampim and Kokkaew, 2017)

$$dx = \kappa(L - x_t)dt + \sigma dz + \gamma \cdot \sigma \cdot \sin\left(\frac{2\pi(i)}{12}\right) \quad (6)$$

เมื่อ γ คือ ค่าความผันผวนตามฤดูกาล i ช่วงเดือนในระยะเวลา 1 ปี ฟังก์ชันไซน์แสดงพฤติกรรมของความผันผวนตามฤดูกาล

ดังนั้นสามารถสร้างแบบจำลองความเร็วลมแบบสโตแคสติกด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Matlab (matrix laboratory) เมื่อทำการทดลองพยากรณ์ความเร็วลม จำนวน 10 ครั้ง ดังภาพที่ 4 พบว่าแบบจำลองความเร็วลมแบบสโตแคสติกสามารถจำลองพฤติกรรมต่าง ๆ ของความเร็วลมในพื้นที่ศึกษาได้ครบถ้วน (Li *et al.*, 2013)



ภาพที่ 4 การทดลองพยากรณ์ความเร็วลม จำนวน 10 ครั้ง

5. การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลม

ผลตอบแทนทางการเงินของโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมจะเป็นไปตามลักษณะของกระแสเงินสดของโครงการ ซึ่งแบ่งออกเป็นกระแสเงินสดรับ กับกระแสเงินสดจ่าย (Tongsopit *et al.*, 2019) ในการศึกษาทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินของโครงการด้วยเครื่องมือทางการเงิน ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของผลตอบแทนของเจ้าของโครงการ (equity cash flow: ECF) (บดินทร์ และคณะ, 2562; Sampim and Kokkaew, 2013) ดังแสดงในสมการที่ 7 โดยหากค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธินั้นมากกว่าศูนย์ แสดงว่าเป็นโครงการที่สมควรจะดำเนินการ เนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบกับ ปัจจุบันมากกว่าค่าใช้จ่าย แต่ในทางตรงกันข้ามหากมูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าน้อยกว่าศูนย์ แสดงว่าเป็นโครงการที่ไม่น่าลงทุน เนื่องจากมีผลตอบแทนเมื่อเปรียบเทียบกับ ปัจจุบันน้อยกว่าค่าใช้จ่าย

$$ECE_i(t = i) = E[\sum_{j=1}^{npath} disc_{t=0} NPV_t + R_{FiT,t}] \quad (7)$$

เมื่อ $npath$ คือ จำนวนครั้งในการจำลองสถานการณ์

$disc_{t=0}$ คือ อัตราคิดลด (3 เปอร์เซ็นต์ เทียบจากประมาณการอัตราเงินเฟ้อต่อปี)

ผลการวิจัย

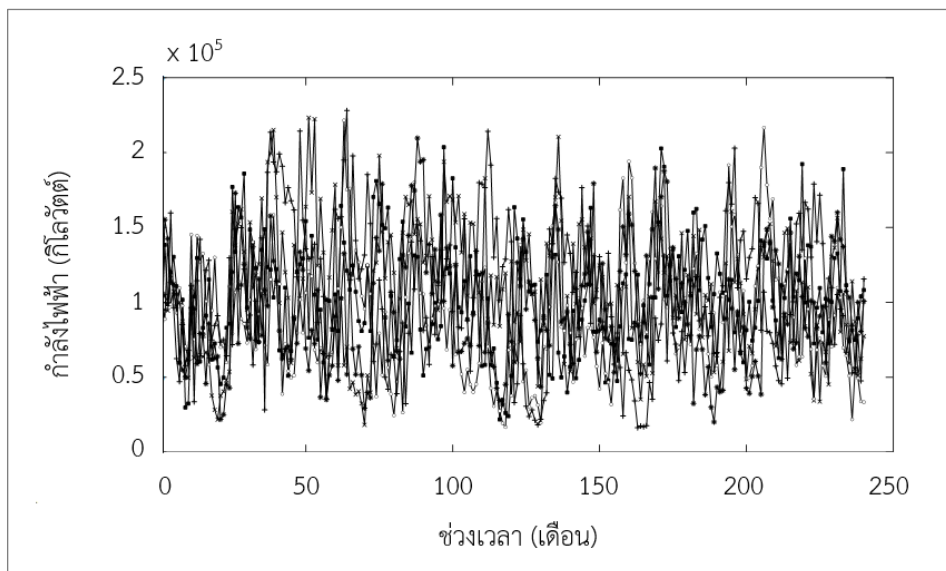
1. การวิเคราะห์ผลตอบแทนโรงไฟฟ้าพลังงานลมด้วยวิธีดั้งเดิม

โดยการวิเคราะห์ด้วยรูปแบบดั้งเดิม ซึ่งจากข้อมูลข้างต้นพบว่ากรณีศึกษาในงานวิจัยนี้มีค่าเฉลี่ยความเร็วลมที่ 3.13 เมตรต่อวินาที สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ เท่ากับ 130 กิโลวัตต์

จากข้อมูลข้างต้นสามารถคำนวณหาหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ด้วยวิธีดั้งเดิม ได้ดังนี้ หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 ปี = 130 กิโลวัตต์ × 24 ชั่วโมง × 30 วัน × 12 เดือน = 1,123,200 กิโลวัตต์·ชั่วโมง การสนับสนุนจากภาครัฐด้วยรูปแบบ FiT จะเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากโครงการในราคา 6.06 บาทต่อหน่วย เป็นเวลา 20 ปี เมื่อวิเคราะห์แบบจำลองทางการเงินในส่วนของการคิดกระแสเงินสดด้านต่าง ๆ พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับ 15,253,051 บาท

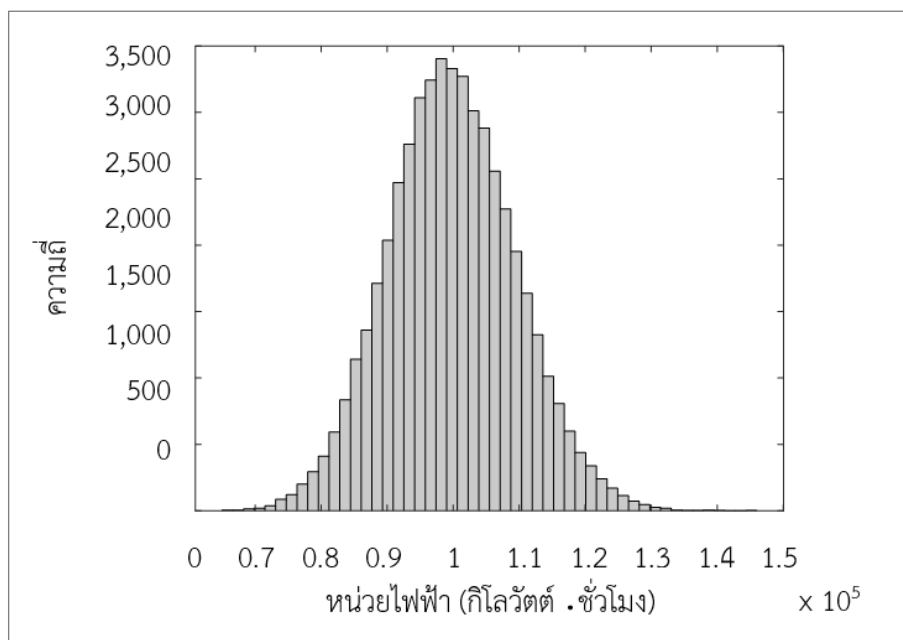
2. การประเมินผลตอบแทนโรงไฟฟ้าพลังงานลมด้วยวิธีสโตแคสติก

จากข้อจำกัดของการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ด้วยวิธีดั้งเดิม ซึ่งไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมของความเร็วลมที่เกิดขึ้นจริง โดยไม่สามารถแสดงถึงความไม่แน่นอนของข้อมูลความเร็วลมซึ่งเป็นข้อมูลที่คงที่ได้ จึงเปลี่ยนรูปแบบการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มาเป็นวิธีสโตแคสติกจะใช้ข้อมูลความเร็วลมจากแบบจำลองความเร็วลมในหัวข้อที่ผ่านมาแทนการใช้ค่าเฉลี่ยแบบวิธีดั้งเดิม จากนั้นคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแบบจำลองความเร็วลมและสมการที่ (2) ด้วยโปรแกรม Matlab ดังแสดงตัวอย่าง จำนวน 5 ครั้ง ดังภาพที่ 5



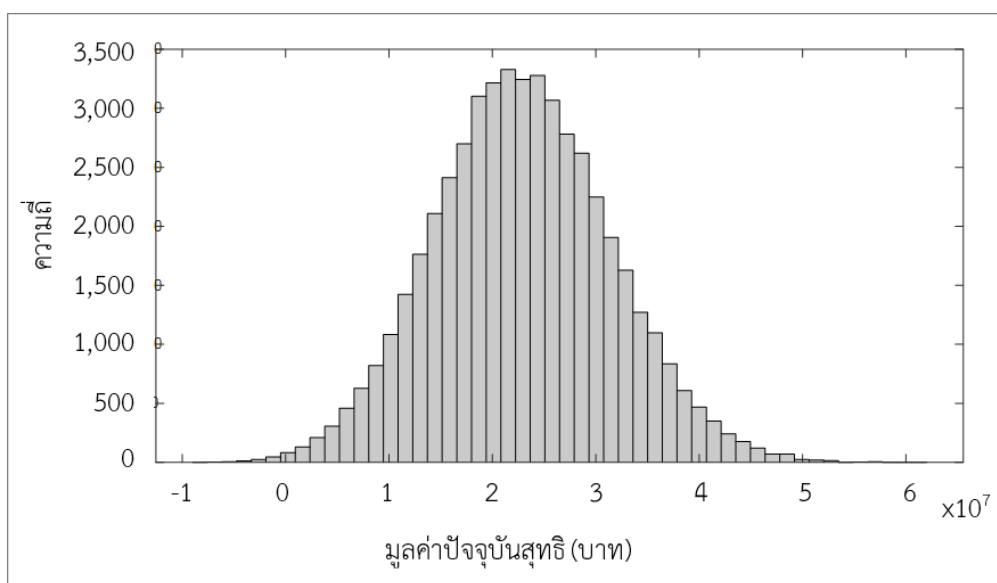
ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้กับช่วงเวลาด้วยวิธีสโตแคสติก จำนวน 5 ครั้ง

เมื่อทำการคำนวณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ด้วยการจำลองโปรแกรมจำนวน 50,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม Matlab สามารถแสดงแผนภาพฮิสโทแกรมการกระจายตัวของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้เป็นรายเดือน ดังภาพที่ 6 พบว่าค่าคาดหวังหรือค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี มีค่าเท่ากับ 1,197,500 หน่วยไฟฟ้า



ภาพที่ 6 การแจกแจงความถี่ข้อมูลหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้รายเดือน

จากนั้นทำการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการภายใต้การสนับสนุนรูปแบบ FiT โดยทำการจำลองสถานการณ์ จำนวน 50,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม Matlab ผลการแจกแจงความน่าจะเป็นของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ พบว่ามีค่าคาดหวังเปลี่ยนเป็นค่าบวกที่ 22,915,000 บาท แสดงว่าการดำเนินโครงการมีโอกาสเกิดกำไรสูงกว่าการไม่รับการสนับสนุนจากภาครัฐ ดังแสดงในภาพที่ 7 อย่างไรก็ตามพบว่าการจำลองมูลค่าปัจจุบันสุทธิบางสถานการณ์ยังมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิค่าต่ำกว่า 0 แสดงว่าแม้ว่าการสนับสนุนด้วยรูปแบบ FiT จะสามารถเพิ่มโอกาสในการดำเนินโครงการโดยไม่ขาดทุนแต่ก็ไม่สามารถรับประกันได้ว่าโครงการจะไม่มีโอกาสเกิดการขาดทุน เนื่องจากยังมีการจำลองสถานการณ์บางครั้งที่พบว่าโครงการเกิดการขาดทุนถึงแม้ว่าจะมีโอกาสไม่มากนักในการที่โครงการจะเกิดการขาดทุนก็ตาม



ภาพที่ 7 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการภายใต้การสนับสนุนรูปแบบ FiT 50,000 ครั้ง

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการประเมินผลตอบแทนโครงการพลังงานลมแบบดั้งเดิมที่ใช้ค่าความเร็วลมเฉลี่ยค่าเดียวเป็นตัวแทนข้อมูลทั้งหมด พบว่าสามารถคำนวณผลตอบแทนเท่ากับ 15,253,051 บาท โดยเห็นข้อมูลโอกาสที่โครงการจะขาดทุน รวมถึงไม่สามารถบอกค่าต่ำสุด หรือค่าสูงสุดมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการได้ ในส่วนของการประเมินผลตอบแทนโครงการแบบสโตแคสติก พบว่าค่าคาดหวังของมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 22,915,000 บาท กลับพบโอกาสขาดทุนเท่ากับ 0.23 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความเป็นไปได้ของค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุดมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ -8,187,800 และ 61,597,000 บาท ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่ารูปแบบการประเมินผลตอบแทนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมแบบสโตแคสติก สามารถประเมินบอกค่าโอกาสที่จะเกิดการขาดทุน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด รวมถึงรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของมูลค่าปัจจุบันสุทธิของ

โครงการได้ละเอียดกว่าการประเมินแบบดั้งเดิม ซึ่งจะช่วยสร้างความมั่นใจแก่นักลงทุนในการที่จะมีข้อมูลที่ชัดเจนกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทราบถึงลักษณะของความไม่แน่นอนของโครงการ เพื่อที่จะได้วิเคราะห์และตัดสินใจในการลงทุน (Sampim and Kokkaew, 2017)

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลจากการใช้นโยบายสนับสนุนในรูปแบบต่าง ๆ ตลอดการดำเนินโครงการ

รูปแบบการประเมิน	โอกาสที่โครงการจะขาดทุน (เปอร์เซ็นต์)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท)		
		ค่าคาดหวัง	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
แบบดั้งเดิม	0	15,253,051	-	-
แบบสโตแคสติก	0.23	22,915,000	-8,187,800	61,597,000

สรุปผลการวิจัย

ผลการประเมินผลตอบแทนโครงการพลังงานลม 2 วิธีการ พบว่า 1) การวิเคราะห์ผลตอบแทนแบบวิธีดั้งเดิม สามารถคำนวณผลตอบแทนเท่ากับ 15,253,051 บาท และ 2) การวิเคราะห์ผลตอบแทนแบบวิธีสโตแคสติก โดยการจำลองโปรแกรมจำนวน 50,000 ครั้ง ด้วยโปรแกรม Matlab พบว่าค่าคาดหวังของมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 22,915,000 บาท กลับพบโอกาสขาดทุนเท่ากับ 0.23 เปอร์เซ็นต์ โดยมีความเป็นไปได้ของค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุดมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการเท่ากับ -8,187,800 และ 61,597,000 บาท ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ใช้แบบจำลองความเร็วลม และข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานลมจากข้อมูลทุติยภูมิเพื่อเป็นต้นแบบในการประเมินโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานลมแบบสโตแคสติก หากมีการนำไปใช้จริงจำเป็นต้องเก็บข้อมูลปฐมภูมิ เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้มีความจำเพาะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาในการสนับสนุนทุนวิจัยพัฒนาอาจารย์ใหม่โครงการที่ MRG6280134 รวมถึงมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชในการสนับสนุนทรัพยากรต่าง ๆ ในการทำงานวิจัยจนสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2562). *แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 (AEDP2015)*. สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2562, จาก: https://www.dede.go.th/download/files/AEDP%20Action%20Plan_Final.pdf.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). *คู่มือการพัฒนาการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 1 ไฟฟ้า พลังงานลม*. สืบค้นเมื่อ 5 มกราคม 2563, จาก: https://www.dede.go.th/article_attach/h_wind.pdf.

- กระทรวงพลังงาน. (2562). แผนปฏิบัติการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579. สืบค้นเมื่อ 5 เมษายน 2562, จาก: <http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/aedp>.
- ชนะ จันทรน้ำ นฤทธิ์ กล่อมพงษ์ วรพงศ์ พวงแก้ว และจอมภพ แวศักดิ์. (2552). การวิเคราะห์ศักยภาพลมบริเวณอำเภอหัวไทรในจังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, 12(2), 10-19.
- ธัชชา สามพิมพ์. (2563). ประเมินผลตอบแทนทางการเงินของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ภายใต้ นโยบายสนับสนุนส่วนเพิ่มอัตราการรับซื้อไฟฟ้าโดยภาครัฐ. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 39(1), 126-139.
- บดินทร์ เสนานนท์ ภัฏญานัฐ ทองเทพ กมล จิรเสรีอมรกุล วันจักรี เล่นวารี เสริมสุข บัวเจริญ และ ยี่รักษ์ อรรถเวชกุล. (2562). การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 8 เมกะวัตต์ระหว่างการจัดตั้งแบบระบบคิงกับแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ในประเทศไทย. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์*, 14(2), 1-19.
- ปฐมทัศน์ จิระเดชะ. (2553). การพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 4(2), 10-24.
- Bartolomeu, F., Jorge, C. and Paula, F. (2011). The use of real options approach in energy sector investments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4491-4497.
- Chul, K. (2021). A review of the deployment programs, impact, and barriers of renewable energy policies in Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110870>.
- Cory, K., Couture, T. and Kreyci, C. (2009). Feed-in tariff policy: Design, implementation, and RPS policy interactions. *National Renewable Energy Laboratory's Technical Report*, doi: <https://doi.org/10.2172/951016>.
- Dan, H. and Sarah, M.R. (2019). Stochastic vs. deterministic scheduling of a combined natural gas and power system with uncertain wind energy. *Electrical Power & Energy Systems*, 108, 303-313.
- Dixit, R.K. and Pindyck, R.S. (2012). *Investment under uncertainty*. New Jersey: Princeton University press.
- Li, C.B., Lu, G.S. and Wu, S. (2013). The investment risk analysis of wind power project in China. *Renewable energy*, 50, 481-487.
- Pita, P., Tia, W., Suksuntornsiri, P., Limpitipanick, P. and Limmeechockchai, B. (2015). Assessment of feed-in policy in Thailand: Impacts on national electricity prices. *Energy Procedia*, 79, 584-589.
- Sampim, T. and Kokkaew, N. (2013). Modelling of government support in biopower plant projects: The case of Thailand. *Energy Procedia*, 52, 525-535.

- Sampim, T. and Kokkaew, N. (2017). Risk management in biomass power plants using fuel switching flexibility. *Energy Procedia*, 138, 1099-1104.
- Sopitsuda, T. and Chris, G. (2013). An assessment of Thailand's feed-in tariff program. *Renewable Energy*, 60, 439-445.
- Tongsopit, S. (2015). Thailand's feed-in tariff for residential rooftop solar PV systems: Progress so far. *Energy for Sustainable Development*, 29, 127-134.
- Tongsopit, S., Junlakarn, S., Wibulpolprasert, W., Chaianong, A., Kokchang, P. and Nghia, V.H. (2019). The economics of solar PV self-consumption in Thailand. *Renewable Energy*, 138, 395-408.
- Wesseh, Jr.P.K. and Lin, B., (2016). A real options valuation of Chinese wind energy technologies for power generation: Do benefits from the feed-in tariffs outweigh costs?. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1591-1599.
- Zhang, M.M., Zhou, P. and Zhou, D.Q. (2016). A real options model for renewable energy investment with application to solar photovoltaic power generation in China. *Energy Economics*, 59, 213-226.