การพยากรณ์การทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาด้วยสมการการถดถอย

Prediction of Cleaning the Solar Rooftop by Regression Equation

บุญญฤทธิ์ วังงอน[1*], กิตติศักดิ์ คงศรีไพร[2] และ สมพร เรืองสินชัยวานิช[3]

[1]สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

[2]สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

[3]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

[*]Email : maxaee_@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพยากรณ์การทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยใช้สมการการถดถอย แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา เพราะระบบโซล่าร์รูฟท็อปปกติถูกติดตั้งบนหลังคาของอาคาร สิ่งสกปรกและมูลนกเป็นปัญหาสำหรับการลดทอนประสิทธิภาพของโซล่าร์รูฟท็อปในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า และการวางแผนทำความสะอาดมีความจำเป็น เพราะบางอาคารเป็นการยากในการเข้าไปบำรุงรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณบนอาคาร จากการพยากรณ์ใช้ตัวแปรอิสระ 2 ตัวแปร คือค่ากำลังไฟฟ้าและค่าความเข้มแสง เพื่อพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) เปรียบเทียบกับค่าจากวัดจริง แล้วหาค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ก่อนล้างแผงและหลังล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์รายสัปดาห์ ที่สภาพอากาศใกล้เคียงกัน สำหรับผลลัพธ์ในงาน พบว่ามีความคาดเคลื่อนเหล่านี้โดยเฉลี่ยไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา การพยากรณ์ สมการถดถอย

Abstract

This paper presents prediction of cleaning the solar rooftop by regression equation. Since solar rooftop system is typically located on top of building, dirt and bird droppings are issued for reducing solar rooftop's efficiency for transforming solar energy to electrical energy. Furthermore, the plan of clearing is essential, because some buildings are difficult to enter for service in particular on top of building. This prediction is applied with two independent parameters which are an electrical power and solar radiation. Then the predicted of an electrical power is compared with the actual electrical power according to weekly before and after clearing with similar weather condition. For this result report, there is not 10 percent of their error.

Keywords: Solar Rooftop, Forecasting, Regression Equation

1. บทนำ

จากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ. 2561 – 2580 จะมีโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนใหม่ที่กำลังจะเกิดขึ้น โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์กว่า 10,000 MW กระทรวงพลังงาน ได้วางกรอบบูรณาการพลังงานแห่งชาติให้ความสำคัญ 3 ด้าน ประกอบด้วย 1. ความมั่นคงด้านพลังงาน (Security) เพื่อตอบสนองความต้องการไฟฟ้าที่สูงขึ้น 2. ด้านเศรษฐกิจ (Economy) ที่ต้องคำนึงถึงต้นทุนพลังงานที่มีความเหมาะสมต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในระยะยาวและส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ 3. ด้านสิ่งแวดล้อม (Ecology) เพิ่มสัดส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนภายในประเทศและผลิตพลังงานด้วยเทคโนโลยีประสิทธิภาพสูง เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน

งานวิจัยและพัฒนาระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) ส่วนใหญ่จะสนใจด้านการใช้งานและการทำงานที่มีประสิทธิภาพของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ แต่ในสภาพการติดตั้งและใช้งานจริง ปัจจัยของฝุ่นและความสกปรกในพื้นที่หรือสถานที่เหล่านั้นกลับมีผลต่อการทำงานของระบบการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นและความสกปรกที่เพิ่มขึ้นจะลดประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ลงอย่างมีนัยสำคัญ [1, 4]

และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก ได้รับการสนับสนุนโครงการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในหน่วยงานภาครัฐ โครงการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาขนาด 339.84 กิโลวัตต์ดังรูปที่ 1 นั้น ปัจจุบันได้มีการใช้งานและมีการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ การทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นอาศัยช่วงเวลาการล้างที่ไม่แน่นอนจากเจ้าหน้าที่ คณะผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญการทำความสะอาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์หากมีรูปแบบการพยากรณ์การล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอย่างเหมาะสม โดยใช้สมการถดถอยอย่างง่ายเพื่อวิเคราะห์ช่วงเวลาทำความสะอาด [2]

The manuscript received June 18, 2021; revised September 17, 2021; accepted November 20, 2021; available online August 31, 2022.

*Corresponding author: บุญญฤทธิ์ วังงอน สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก (E-mail: maxaee_@hotmail.com)

รูปที่ 1 สถานที่ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา
ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

2. หลักการและวิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 เซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar rooftop)

การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เป็นที่นิยม อันเนื่องจากการสนับสนุนบางส่วนจากนโยบายภาครัฐ และจุดคุ้มทุนในการลงทุนเป็นที่น่าสนใจ การประยุกต์ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา (Solar Rooftop) เป็นการลดพื้นที่การติดตั้งแบบภาคพื้น และเป็นการใช้พื้นที่บนหลังคาให้เกิดประโยชน์และลดการสะสมความร้อนบนตัวอาคารลงได้ ทั้งนี้อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างหลังคาและการรั่วของหลังคาได้หากออกแบบและติดตั้งไม่ได้มาตรฐาน อีกทั้งการดูแลรักษาและทำความสะอาดแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ค่อนข้างยุ่งยากและเสี่ยงจากพื้นที่สูง หลังจากการใช้งานระบบเซลล์แสงอาทิตย์ไประยะหนึ่ง ทั้งนี้ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งพบว่ามีฝุ่นละอองและความสกปรกอื่นๆ มาเกาะบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทั้งนี้ส่งผลโดยตรงให้กำลังการผลิตไฟฟ้าที่ลดลง จึงต้องอาศัยเจ้าหน้าที่ในการล้างทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ความสกปรกบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขณะเจ้าหน้าที่กำลังล้างทำความสะอาด

เมื่อพิจารณากำลังการผลิตของพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่า หากเซลล์แสงอาทิตย์มีฝุ่นและความสกปรกเกิดขึ้นจะส่งผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ลดลง ฉะนั้นจึงต้องมีการทำความสะอาด เพื่อกำลังการผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้น ดังสมการ (1)

$$\%\text{power increase} = \frac{P_{out} - P_{out+dust}}{P_{out}} \times 100 \qquad (1)$$

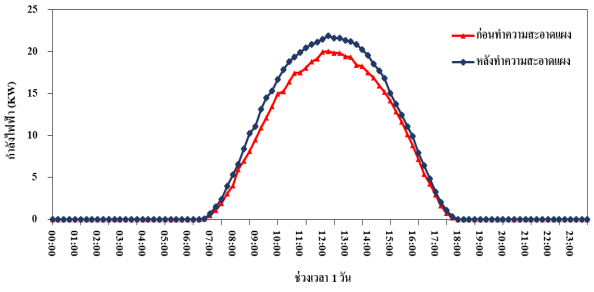
จากรูปที่ 2 แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคามีความสกปรกจากฝุ่นและมูลนกส่งผลต่อประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ จึงทำการทดสอบล้างทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อทำให้ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ดีขึ้น และเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนการล้างทำความสะอาดในครั้งถัดไป และสามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลดังกล่าวในการพยากรณ์การล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้

จากรูปที่ 3 และ 4 ทดสอบล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาตึกอำนวยการ กำลังการผลิตไฟฟ้าขนาด 30 กิโลวัตต์ (kW) โดยเก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้า และค่าความเข้มแสง ก่อนและหลังล้างเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลกำลังการผลิตไฟฟ้าดังรูปที่ 5

รูปที่ 3 ก่อนล้างทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 4 หลังล้างทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากรูปที่ 5 เมื่อพิจารณากำลังผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคา โดยพิจารณาในวันที่มีค่าความเข้มแสง และสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกัน พบว่ากำลังการผลิตไฟฟ้าจากเดิมที่ไม่ได้ล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์เกิดจากฝุ่นและความสกปรกเปรียบเทียบกับหลังล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ค่ากำลังการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากเดิมคิดเป็นค่าเฉลี่ย 17.58% ดังนั้นการทำความสะอาดเซลล์แสงอาทิตย์ส่งผลทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงนั้นสามารถเพิ่มขึ้นได้



รูปที่ 5 เทียบเทียบสัดส่วนกำลังการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์รายวัน ก่อนและหลังล้างทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

2.2 การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์จะเก็บข้อมูลจากตัวเก็บข้อมูล Smart Logger ได้ข้อมูลมาจากตัวอินเวอร์เตอร์ที่ต่อจากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแบบปัจจุบัน ทั้งนี้มีการเก็บข้อมูลต่างๆ จากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากอินเวอร์เตอร์อาทิ เช่น ค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ค่าพลังงาน รวมถึงค่าความเข้มแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลก่อนและหลังล้างทำความสะอาดเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อนำมาวิเคราะห์ในกระบวนการต่อไป

รูปที่ 6 ชุดอินเวอร์เตอร์และระบบเก็บข้อมูลอัจฉริยะ (Smart Logger)

2.3 การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณ (Multiple Linear Regression)

วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุคูณเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้นที่ทำหน้าที่พยากรณ์ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปกับตัวแปรตาม 1 ตัวโดยมีสมการถดถอย คือ

ตัวแปรตาม (Y) ขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระ (X) หลายตัว ตัวแปรของสมการพยากรณ์ คือ

$$\text{สมการพยากรณ์} \quad Y_i = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots + b_kX_k \qquad (2)$$

การพยากรณ์ด้วยวิธีเฉลี่ยเคลื่อนที่ (The Moving Average Method) เป็นวิธีการช่วยให้ลดอิทธิพลของเหตุการณ์ที่ผิดปกติลดลงได้ และทำให้ข้อมูลนั้นราบเรียบยิ่งขึ้นและสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายขึ้น สูตรที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้ [4]

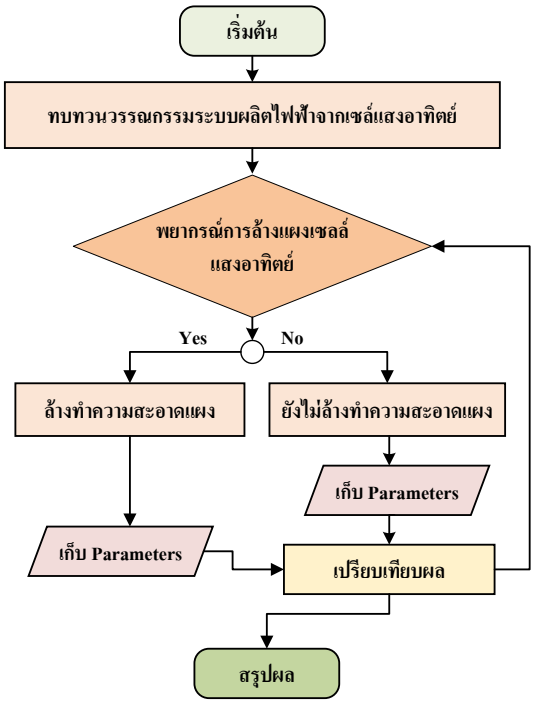
$$MA_N = \frac{\sum_{X=1}^{N} X}{N} \qquad (3)$$

โดยที่

X คือ ตัวแปรที่นำมาใช้ในการพยากรณ์

N คือ จำนวนช่วงเวลาที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ย

การออกแบบจำลองการพยากรณ์การล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยใช้สมการถดถอย ตัวแปรที่นำมาพิจารณามี 2 ตัวแปรอิสระ คือ ค่าความเข้มแสงและกำลังไฟฟ้า ส่วนตัวแปรตามคือค่าพลังงานไฟฟ้า โดยทบทวนและศึกษาบทความและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง [2-3] เพื่อนำหลักการและข้อมูลมาพยากรณ์การล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยมีการเก็บข้อมูลก่อน และหลังการล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเปรียบเทียบและสรุปผลตามรูปที่ 7



รูปที่ 7 กระบวนการพยากรณ์การล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์

3. ผลการวิจัย

จากรูปที่ 7 การนำค่าพารามิเตอร์จากอินเวอร์เตอร์ คือ ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าความเข้มแสง มาพยากรณ์โดยใช้สมการถดถอย ตามสมการที่ (2) และ (3) เพื่อพยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้า โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ก่อนล้างและหลังล้างมาพิจารณาผลพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh/Day) หากมีค่าแนวโน้มที่ลดลงเข้าใกล้หรือมากกว่า 10% ก็ควรรีบทำการล้าง และการล้างแต่ละครั้งต้องคำถึงต้นทุนเรื่องต้นทุนในการล้าง โดยพิจารณาจากค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้คูณกับค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเทียบกับค่าต้นทุนล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามท้องที่นั้นๆ ด้วย ในการทดลองในบทความนี้พิจารณาราย 1 สัปดาห์ ก่อนการล้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพิจารณาสภาวะแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน

จากการพยากรณ์ก่อนล้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้โดยเฉลี่ย 110.58 กิโลวัตต์ชั่วโมง/วัน (kWh/Day) ซึ่งค่าพลังงานที่วัดจริงโดยเฉลี่ย 117.32 กิโลวัตต์ชั่วโมง/วัน (kWh/Day) และการพยากรณ์หลังล้างเซลล์

แสงอาทิตย์ที่ผลิตได้โดยเฉลี่ย 157.54 กิโลวัตต์ชั่วโมง/วัน (kWh/Day) ซึ่งค่าพลังงานที่วัดจริงโดยเฉลี่ย 155.60 กิโลวัตต์ชั่วโมง/วัน (kWh/Day)

เมื่อนำข้อมูลการพยากรณ์ทั้ง 2 ช่วง ก่อนและหลังทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาวิเคราะห์เพื่อหาช่วงเวลาการล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าหลังจากการล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์แล้ว ค่าพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์ก่อนล้าง 34.27 เปอร์เซ็นต์

ในทางปฏิบัติแล้วหากค่าพลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยมีแนวโน้มที่ลดลงต่อเนื่องกัน มากกว่า 15-20 เปอร์เซ็นต์ ก็ควรที่จะพิจารณาวางแผนการล้างทำความสะอาดแผง โดยคำนึงถึงความคุ้มค่าแรงในการทำความสะอาดด้วย

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบรายสัปดาห์

รายสัปดาห์	% ความคลาดเคลื่อน		
	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย
ก่อนการล้าง	33.33	1.10	8.27
หลังการล้าง	27.10	1.08	5.56

จากตารางที่ 1 พบว่าการใช้สมการถดถอยมาใช้พยากรณ์ค่าพลังงานไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์แบบรายสัปดาห์ โดยตัวแปรประกอบด้วยค่ากำลังไฟฟ้าและค่าความเข้มแสง จะเห็นว่ารายสัปดาห์ก่อนการล้างเซลล์แสงอาทิตย์ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ย 8.27 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับรายสัปดาห์หลังการล้างเซลล์แสงอาทิตย์ค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ย 5.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยน้อยกว่า ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นยังมีตัวแปรที่ยังไม่นำมาพิจารณาอาทิ เช่น ค่าอุณหภูมิแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ค่าอุณหภูมิสภาวะแวดล้อม หมอกควัน ค่าลม และปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าโดยรวมของเซลล์แสงอาทิตย์

4. สรุป

จากการศึกษาการพยากรณ์การทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาโดยใช้สมการการถดถอย ตัวแปรประกอบด้วยค่ากำลังไฟฟ้า, ค่าความเข้มแสงและค่าพลังงานไฟฟ้าที่ระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาผลิตได้ นำมาวิเคราะห์และใช้สมการถดถอยในการพยากรณ์การล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ กรณีที่กำลังการผลิตไฟฟ้าลดลงโดยมีนัยสำคัญ อันเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ เช่น ความสกปรกที่เกิดจากฝุ่นและมูลนกส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โดยรวมลดลง จึงต้องทำการล้างทำความสะอาดอย่างทันท่วงที หากใช้งานไปเป็นระยะเวลานานอายุของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก็มีผลต่อกำลังผลิตไฟฟ้าโดยรวมเช่นกัน โดยแบบจำลองการพยากรณ์การทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์นี้ สามารถนำไปประกอบการตัดสินใจถึงความคุ้มค่าการล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์และวางแผนบำรุงรักษาทำความสะอาดแผงเซลล์อาทิตย์เพื่อทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ดีอย่างสม่ำเสมอ

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำวิจัย เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ และบุคลากรในหน่วยงาน จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Ameena Saad Al-Sumaiti, Mohammed Hassan Ahmed, Sergio Rivera, Mohammed Shawky El Moursi, Mohamed M.A. Salama and Tareefa Alsumaiti. “Stochastic PV model for power system planning applications”. 2019. IET Renew. Power Generation. (13)16, p. 3168–3179.

[2] K. Khongseeprai, B. Wangngon, and S. Ruangsinchaiwanich, “Analysis of Error Estimation of Electrical Power of Solar PV Rooftop using Artificial Neural Network Method”. GMSARN Int. Conf. on Sustainable Energy, Environment, & Climate Change Transitions in GMS, 21-22 December 2020, p. 1–4.

[3] B. Wangngon, K. Khongseeprai, and S. Ruangsinchaiwanich, “Cleaning Frequency Optimization of Solar PV Rooftop base on AI Methods”. GMSARN Int. Conf. on Sustainable Energy, Environment, & Climate Change Transitions in GMS, 21-22 December 2020, p. 1–4.

[4] วัชระ ศิริอาภรณ์ธรรม, พรระพีพัฒน์ ภาสบุตร และ วรวัตน์ ปัตรประกร, “การประยุกต์อนุมานฟัซซี่โครงข่ายปรับตัวได้สำหรับการพยากรณ์กำลังการผลิตไฟฟ้าของระบบพลังงานแสงอาทิตย์”, การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 43 วันที่ 28-30 ตุลาคม 2563, หน้า 528-530.

[5] กิตติศักดิ์ คงสีไพร และ สมพร เรืองสินชัยวานิช, “การประมาณค่าความเข้มแสงอาทิตย์แบบรายเดือนด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม”, การประชุมวิชาการระดับชาติ พิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ทะเลแก้ว 12 กุมภาพันธ์ 2563, หน้า 326-335.