

## การพัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ

พีรพล จันท์หอม<sup>1</sup> ดอนสัน ปงผาบ<sup>2\*</sup> วิภาดา วงศ์สุริยา<sup>1</sup>

ภริศศักดิ์ เผ่าผาง<sup>1</sup> พัฒนพงษ์ สิทธิไพฑูริย์<sup>1</sup> และ นัทธิน ปานมัจฉา<sup>1</sup>

<sup>1</sup> หน่วยวิจัยระบบอัจฉริยะและการแปลงผันพลังงาน, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ (ศูนย์นนทบุรี)

<sup>2</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

\* ผู้ประสานงานเผยแพร่ (Corresponding Author), E-mail: donson@pru.ac.th

วันที่รับบทความ: 23 พฤศจิกายน 2564; วันที่ทบทวนบทความ: 16 มีนาคม 2565; วันที่ตอบรับบทความ: 23 มีนาคม 2565

วันที่เผยแพร่ออนไลน์: 30 มิถุนายน 2565

**บทคัดย่อ:** งานวิจัยนี้ทำการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ โดยมีกลไกการทำงานแบบผสมระหว่างแบบเคลื่อนที่ด้านข้างด้วยรางกับแบบเคลื่อนที่อิสระขึ้น-ลงของชุดแปรงขัดด้วยสลิ้ง หุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ในการควบคุมกลไกหลักภายในหุ่นยนต์ เช่น ชุดแปรงขัด บั๊มพ่นละอองน้ำ รวมถึงระบบขับเคลื่อนต่างๆ โดยผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ได้ทั้งในโหมดควบคุมแบบอัตโนมัติและโหมดควบคุมด้วยมือ ผ่านโทรศัพท์มือถือโดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk เชื่อมต่อผ่าน Node MCU ESP8266 ผลการทดสอบการทำงานแสดงให้เห็นว่า หุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้น มีความเร็วในการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการเอียง 15 องศา ที่อัตราประมาณ 2.19 นาทีต่อตารางเมตร โดยใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 1.40 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร และเพื่อแสดงให้เห็นสมรรถนะในการทำความสะอาดของหุ่นยนต์นั้น ได้กำหนดกรณีศึกษาโดยให้หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์อาทิตย์ที่มีความสกปรก 3 ระดับคือ สกปรกมาก ปานกลางและน้อย ในช่วงเวลาที่มีความเข้มแสงใกล้เคียงกัน ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะในการทำความสะอาดของหุ่นยนต์ที่ค่อนข้างดี โดยพิจารณาได้จากกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนและหลังทำความสะอาดของทั้ง 3 ระดับ มีค่าใกล้เคียงกัน

**คำสำคัญ:** หุ่นยนต์ทำความสะอาด; เซลล์แสงอาทิตย์; ระบบอัจฉริยะ; อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

## Development of The Smart Photovoltaic Panel Cleaning Robot

Peerapon Chanhom<sup>1</sup>, Donson Pongphab<sup>2\*</sup>, Wipada Wongsuriya<sup>1</sup>,  
Peerasak Phaophang<sup>1</sup>, Pattanapong Sinpaithoon<sup>1</sup> and Nattarut Panmatcha<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Smart System and Energy Conversion Research Unit, Division of Electrical Engineering, Department of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi (Nonthaburi Campus)

<sup>2</sup> Department of Electrical Technology, Faculty of Industrial Technology, Lampang Rajabhat University

\* Corresponding author, E-mail: donson@lpru.ac.th

Received: 23 November 2021; Revised: 16 March 2022; Accepted: 23 March 2022

Online Published: 30 June 2022

**Abstract:** This research has designed and developed a smart photovoltaic panel cleaning robot. It has a working mechanism that combines a robot side movement with rails and a cleaning brush up-down movement with the sling. The smart robot uses an Arduino UNO microcontroller to control the main mechanisms, such as a cleaning brush, a water spray pump, and whole robot movement systems. Users can operate the robot in both automatic and manual control modes via mobile phone by using Blynk application connected via Node MCU ESP8266. The functional test results show the smart robot cleans photovoltaic panels with a tilt angle of 15 degrees at a rate of approximately 2.19 minutes per square meter using an average power consumption of approximately 1.40 watt-hours per square meter. A case study was given on the smart robot cleaning solar panels with three levels of dirtiness: very dirty, medium, and low. During the period of similar light intensity, the test results showed relatively good cleaning performance of the robot, considering the power generated by the solar panels before and after cleaning. All three levels were approximately the same.

**Keywords:** Cleaning robots; Solar cells; Smart systems; Internet of things



## 1. บทนำ

ความต้องการใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันมีแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าที่สูงขึ้น โดยจากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทยปี 2563 พบว่า การใช้ไฟฟ้าในปี 2562 เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.7 เป็นการใช้ในภาคครัวเรือนและธุรกิจคิดเป็นร้อยละ 51 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งปัจจุบันแหล่งพลังงานในประเทศมีอยู่อย่างจำกัด และต้องพึ่งพาก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตพลังงานไฟฟ้ามากกว่าร้อยละ 70 ทำให้ต้องอาศัยการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศจำนวนมาก ดังนั้น การสนับสนุนเพื่อเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานทดแทนอย่างต่อเนื่องและจริงจัง จะช่วยลดการนำเข้าพลังงานและช่วยลดความเสี่ยงในการจัดการบริหารจัดการพลังงานของประเทศ [1, 2]

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพที่จะสามารถทดแทนการใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและมีใช้งานได้ค่อนข้างสม่ำเสมอเมื่อเทียบกับพลังงานทดแทนอื่นๆ สำหรับประเทศไทยนั้น ได้มีนโยบายสนับสนุนให้ภาคประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการผลิตไฟฟ้าใช้เองในรูปแบบของระบบการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคา (Solar PV Rooftop) ซึ่งระบบดังกล่าวมีการเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าของประเทศ เพื่อให้ประชาชนสามารถจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตตามระเบียบคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงาน ที่อัตราการรับซื้อคืนไฟฟ้าหน่วยละ 6.85 บาท โดยมีระยะเวลาสนับสนุน 25 ปี [3, 4]

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ อาศัยแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้ามาแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยทำงานร่วมกับอินเวอร์เตอร์หรือคอนเวอร์เตอร์ เพื่อปรับระดับแรงดันให้เหมาะสมสำหรับนำไปใช้งาน การใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ประเภทของแผง การติดตั้งแผง ความเข้มของแสง อุณหภูมิ เงาบัง และความสกปรกบนพื้นผิว เป็นต้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สำคัญคือความสกปรกบนพื้นผิวที่เกิดจากฝุ่นที่ตกสะสมอยู่บนผิวหน้าของแผง ที่ทำให้ความสามารถในการรับแสงอาทิตย์ลดลง ส่งผลให้ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ลดลงตามไปด้วย [5, 6]

ในช่วงเริ่มต้น การทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์นิยมใช้มนุษย์ในการทำงาน โดยการปัดหรือการใช้ลิฟต์บนรถเครนเพื่อขึ้นไปทำความสะอาดด้วยแปรงขัดและน้ำสะอาด ซึ่งการทำงานลักษณะนี้มีความเสี่ยงสูง เนื่องจากโดยทั่วไปแผงเซลล์แสงอาทิตย์ติดตั้งอยู่บนที่สูงและมีความลาดเอียง เช่น บริเวณหลังคาของอาคาร หรือ โรงงาน เป็นต้น ต่อมาจึงมีการพัฒนาระบบทำความสะอาดขึ้นมาเพื่อทดแทนการใช้คน โดยพัฒนาออกมาหลากหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบที่มีความน่าสนใจและมีศักยภาพในการใช้งานได้จริงแสดงดังรูปที่ 1 ประกอบด้วย แบบเคลื่อนที่ด้านข้าง แบบเคลื่อนที่ขึ้นลงและด้านข้าง แบบเคลื่อนที่อิสระ

รูปแบบเคลื่อนที่ด้านข้างแสดงดังรูปที่ 1 (ก) ตัวเครื่องจะมีขนาดความยาวเท่ากับหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขณะทำความสะอาดตัวเครื่องจะมีการ



เคลื่อนที่ด้านข้าง ไปตามขอบของแผงด้วยล้อขนาดเล็ก และใช้แปรงที่ติดอยู่ด้านล่างของตัวเครื่องหมุน บัดทำความสะอาด โดยทำงานร่วมกับมอเตอร์ [7, 8] รูปแบบต่อมาคือ รูปแบบการเคลื่อนที่ขึ้นลงและด้านข้าง ดังแสดงในรูปที่ 1 (ข) ตัวเครื่องจะมีลักษณะคล้ายกับแบบเคลื่อนที่ด้านข้าง แต่จะลดจำนวนแปรงทำความสะอาดลง และใช้ระบบรอกเข้ามาช่วย โดยขณะทำความสะอาดตัวแปรงบัดที่ทำงานร่วมกับมอเตอร์ จะมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงและเคลื่อนที่ไปด้านข้างสลับกัน และรูปแบบสุดท้ายคือ รูปแบบเคลื่อนที่อิสระ ดังแสดงในรูปที่ 1 (ค) ซึ่งใช้หุ่นยนต์ขนาดเล็กติดล้อด้านล่าง เคลื่อนที่ไปบนผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดยอาศัยล้อและเชือกเป็นตัวควบคุม และใช้แปรงบัดที่ติดอยู่ด้านบนของหุ่นยนต์ขนาดเล็ก เพื่อหมุนบัดทำความสะอาด [9-11] ซึ่งข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของทั้ง 3 ระบบนี้ สามารถสรุปได้ตามตารางที่ 1

จากตารางที่ 1 เมื่อพิจารณาจากข้อได้เปรียบและเสียเปรียบของแต่ละรูปแบบ หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบเคลื่อนที่ขึ้นลงและด้านข้าง และแบบเคลื่อนที่อิสระ เป็นระบบที่มีข้อได้เปรียบ

หลายประการ โดยเฉพาะโครงสร้างที่มีความยืดหยุ่นที่ทำให้สะดวกในการเพิ่มหรือลดขนาดและปรับปรุงเพื่อยกระดับความสามารถ นอกจากนี้ยังง่ายต่อการติดตั้งซ่อมบำรุงในภายหลัง

นอกเหนือจากรูปแบบการทำงานแล้ว ระบบควบคุมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้หุ่นยนต์ทำความสะอาดสามารถทำงานได้ตามต้องการ ซึ่งปกติ พื้นที่ติดตั้งแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้น จะอยู่ในพื้นที่สูงหรือบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการทำงาน จึงต้องทำการออกแบบระบบควบคุมให้มีความเหมาะสม ซึ่งเทคโนโลยีที่มีศักยภาพในปัจจุบัน ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมคือ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoTs) ที่เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายของวัตถุทางกายภาพที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ (Sensor) ซอฟต์แวร์ (Software) และเทคโนโลยีอื่นๆ เพื่อจุดประสงค์ในการเชื่อมต่อและแลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์และระบบอื่นๆ บนอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถควบคุมการทำงานได้จากระยะไกลและทำงานได้อย่างอัตโนมัติ และเพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการทำงานในพื้นที่สูงได้ [12-14]



(ก) แบบเคลื่อนที่ด้านข้าง



(ข) แบบเคลื่อนที่ขึ้นลงและด้านข้าง



(ค) แบบเคลื่อนที่อิสระ

รูปที่ 1 รูปแบบของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์



## ตารางที่ 1 ข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบของระบบทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปแบบของระบบ	ข้อได้เปรียบ	ข้อเสียเปรียบ
แบบเคลื่อนที่ด้านข้าง	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำความสะอาดได้รวดเร็ว</li> <li>2. ประสิทธิภาพการทำความสะอาดดี</li> <li>3. สามารถทำงานในบริเวณที่มีความชันสูง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. น้ำหนักมาก</li> <li>2. ราคาสูง</li> <li>3. ขาดความยืดหยุ่นในการใช้งาน</li> </ol>
แบบเคลื่อนที่ขึ้นลงและด้านข้าง	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำความสะอาดได้รวดเร็วปานกลาง</li> <li>2. ประสิทธิภาพการทำความสะอาดปานกลาง</li> <li>3. มีความยืดหยุ่นในการใช้งาน</li> <li>4. สามารถทำงานในบริเวณที่มีความชันสูง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. น้ำหนักปานกลาง</li> <li>2. ราคาไม่สูงมาก</li> </ol>
แบบเคลื่อนที่อิสระ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. น้ำหนักเบาและราคาถูก</li> <li>2. สะดวกต่อการบำรุงรักษา</li> <li>3. มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ทำความสะอาดได้ช้า</li> <li>2. ประสิทธิภาพในการทำความสะอาดน้อย</li> <li>3. ไม่เหมาะสำหรับทำงานในบริเวณที่มีความชันสูง</li> </ol>

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการพัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ โดยใช้รูปแบบการทำความสะอาดแบบเคลื่อนที่ขึ้นลงและด้านข้างผสมกับแบบเคลื่อนที่อิสระ และใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เป็นหลัก ในส่วนของการควบคุมจะมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อให้สามารถควบคุมหุ่นยนต์ทำความสะอาดได้แบบไร้สาย (Wireless) นอกจากนี้ ยังมีแอปพลิเคชัน (Application) ที่ติดตั้งในโทรศัพท์เคลื่อนที่ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสั่งงานหุ่นยนต์ทำความสะอาดได้อย่างสะดวก

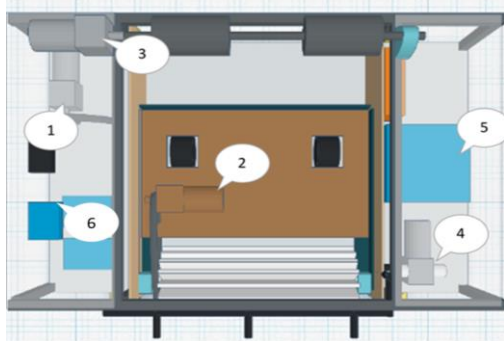
## 2. วิธีการดำเนินงานวิจัย/การทดลอง

การออกแบบหุ่นยนต์ทำความสะอาดในงานวิจัยจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ การออกแบบระบบและกลไกในการทำความสะอาด และระบบควบคุมการทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

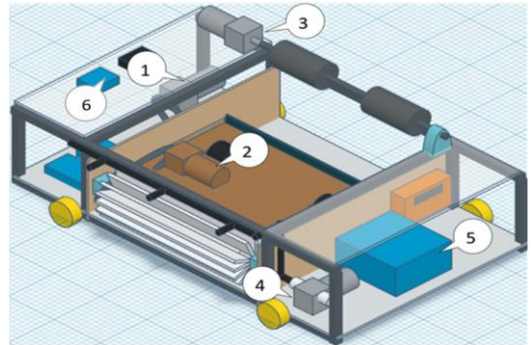
### 2.1 การออกแบบและระบบกลไกทำความสะอาด

หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2 โครงสร้างของตัวเครื่องประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นโครงสร้างของตัวเครื่องที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ มีขนาดประมาณ 43 x 70 x 15 เซนติเมตร ในส่วนของการเคลื่อนที่นั้น จะใช้ล้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว สำหรับเคลื่อนบนรางเหนือแผงเซลล์แสงอาทิตย์ สำหรับส่วนที่ 2 เป็นชุดแปรงทำความสะอาดจะอยู่ตรงกลางของส่วนที่ 1 โดยอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งในโครงสร้างมีรายละเอียดดังตารางที่ 2

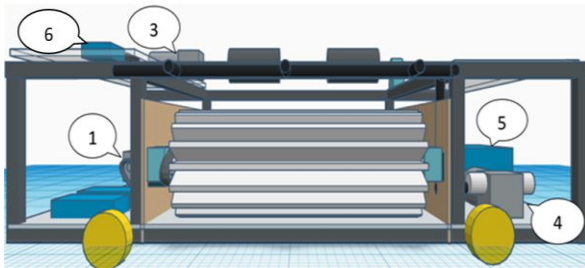
การทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะนี้ จะเป็นการผสมระหว่างแบบเคลื่อนที่ขึ้นลงและด้านข้าง และแบบเคลื่อนที่อิสระ ซึ่งจะมีการตัดในส่วนของรางที่ใช้สำหรับ



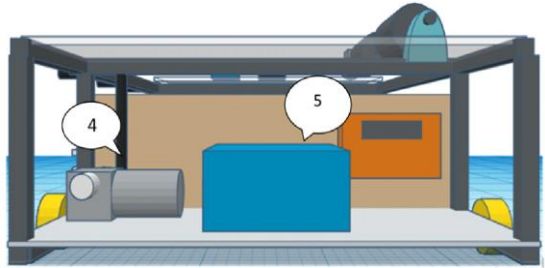
(ก) องค์ประกอบตัวเครื่อง



(ข) ภาพด้านบนตัวเครื่อง



(ค) ภาพด้านข้างของตัวเครื่อง



(ง) ภาพด้านหน้าตัวเครื่อง

### รูปที่ 2 โครงสร้างหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ

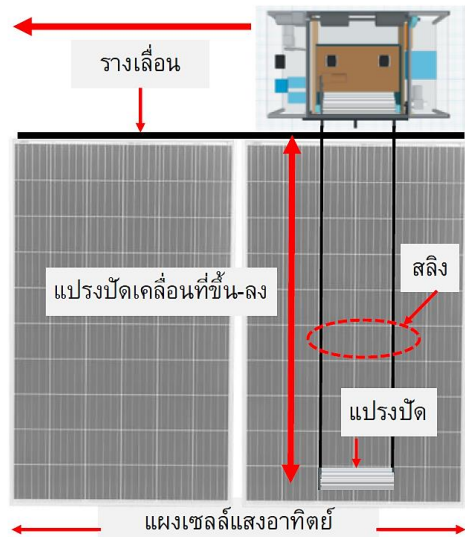
ตารางที่ 2 รายละเอียดอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งในหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ

หมายเลข	รายละเอียดอุปกรณ์
1	ล้อเคลื่อนที่ซ้าย-ขวาตามรางวิ่งเหนือแผงจำนวน 4 ล้อ ใช้มอเตอร์เกียร์ 12 V 10 RPM ในการขับเคลื่อน ตัวรางสำหรับการเคลื่อนที่ช่วยในการยึดเกาะ และแก้ปัญหาการลื่นไถลของตัวเครื่อง
2	ชุดทำแปรงความสะอาด มีล้อยางเคลื่อนที่บนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จำนวน 2 ล้อ ใช้มอเตอร์เกียร์หมุนแปร่ง 12 V 500 RPM
3	ชุดสลิงดึงขึ้นและปล่อยลง สำหรับปล่อยชุดแปรงให้เคลื่อนที่ไปทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และดึงกลับโดยมีลักษณะเป็นท่อนสองชั้นต่อเข้าด้วยกันกับเพลาให้หมุนพร้อมกัน ใช้มอเตอร์เกียร์ 12 V 60 RPM เป็นต้นกำลังในการหมุน
4	ชุดน้ำและปั๊มใช้ฉีดพ่นช่วยในการทำสะอาด มีสายและหัวพ่นติดตั้งเข้ากับโครงด้านบน ส่วนปั๊มน้ำจะติดตั้งอยู่ทางด้านขวาของเครื่อง ใช้ขนาดปั๊ม 12 V 60 W
5	แบตเตอรี่ลิเธียมฟอสเฟตขนาด 12 V 20 A และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก 18 V 20 W ใช้เป็นชุดจ่ายพลังงานให้กับตัวเครื่องและระบบการควบคุมสื่อสาร
6	บอร์ดควบคุมการทำงาน Arduino Uno ใช้ในการสั่งงานอัตโนมัติตามโปรแกรม และบอร์ดเชื่อมต่อสายพาวเวอร์ Node MCU ESP8266 V3 ใช้ในการควบคุมด้วยมือ

ควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของชุดแปรงทำความสะอาดออกไปเพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการใช้งาน ดังนั้น การทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดนี้ ตัวแปรงทำความสะอาดจะทำงานขึ้นลงโดยใช้สลิงปล่อยให้เคลื่อนที่อิสระ สลับกับการเคลื่อนที่ไปด้านข้างโดยใช้ราง ดังแสดงในรูปที่ 3

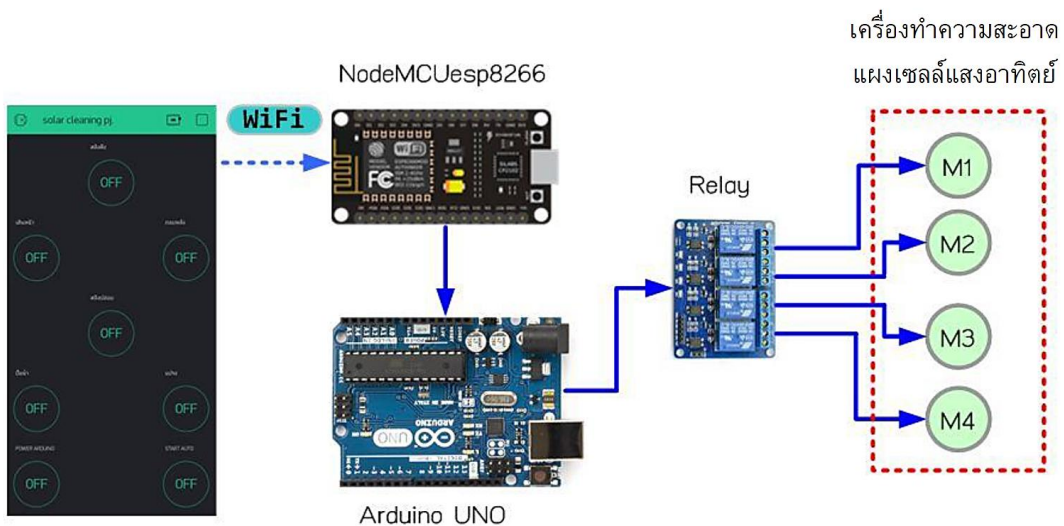
### 2.2 การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน

รูปที่ 4 แสดงระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะจะมีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติตามการโปรแกรมการทำงานของเครื่องไว้ล่วงหน้า ส่วนบอร์ดโปรแกรมการทำงานของเครื่องไว้ล่วงหน้า ส่วนบอร์ด Node MCU ESP8266 ใช้ในการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือและส่งสัญญาณให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO เพื่อให้สามารถสั่งการทำงานจากมือถือได้ ส่วนบอร์ดรีเลย์ 5 โวลต์ทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของมอเตอร์เพื่อควบคุม



รูปที่ 3 รูปแบบการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ

การเคลื่อนที่มอเตอร์ ควบคุมสลิง มอเตอร์มอเตอร์ทำความสะอาด และมอเตอร์พ่นน้ำ โดยฟังก์ชันของมอเตอร์ในกลไกหลักของเครื่องแสดงดังตารางที่ 3



รูปที่ 4 ภาพรวมอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ





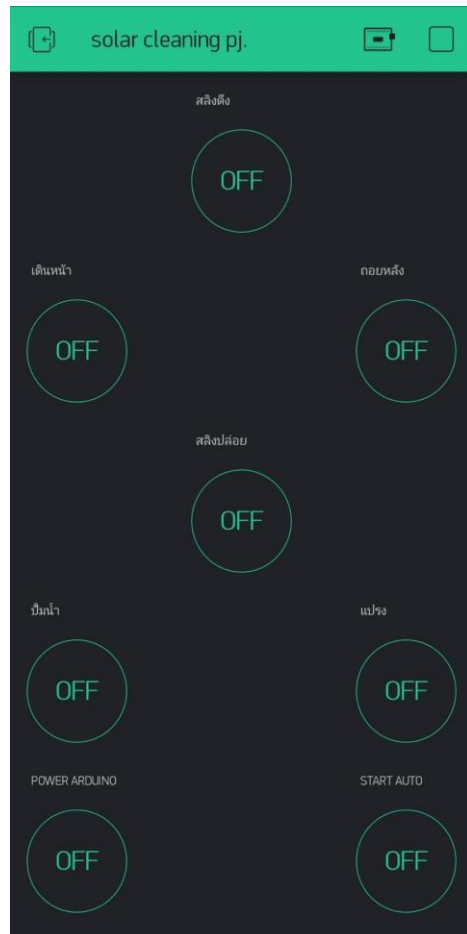
ตารางที่ 3 พิกัดของมอเตอร์ในกลไกหลักของหุ่นยนต์ทำความสะอาดที่พัฒนาในงานวิจัย

ลำดับ	พิกัด	รายละเอียด
M1	12 V 1.5 A	มอเตอร์ขับเคลื่อนด้านข้าง
M2	12 V 1.5 A	มอเตอร์ขับเคลื่อนสลิง
M3	12 V 5.0 A	มอเตอร์ปั๊มพ่นละอองน้ำ
M4	12 V 3.0 A	มอเตอร์หมุนแปรงขัด

### 2.3 ขั้นตอนการโปรแกรมการทำงาน

ขั้นตอนการทำงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ จะสามารถทำงานได้ใน 2 โหมดคือ (1) โหมดควบคุมแบบอัตโนมัติ และ (2) โหมดควบคุมด้วยมือผ่านสมาร์ตโฟนโดยใช้แอปพลิเคชัน Blynk แสดงดังรูปที่ 5

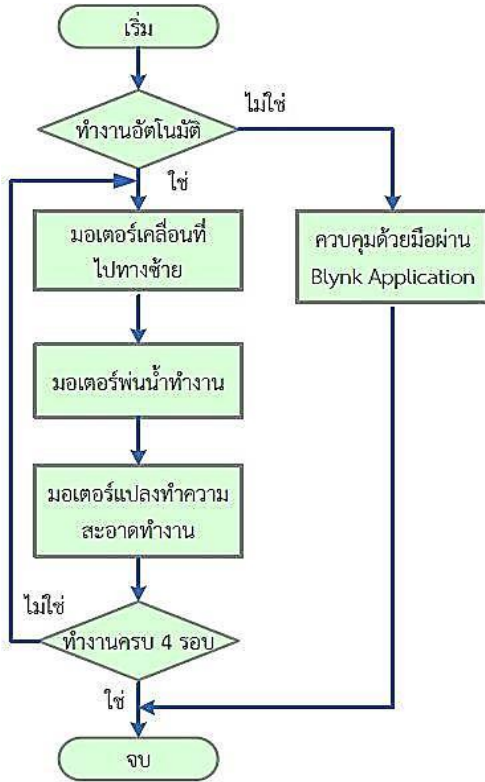
ในส่วนของการทำงานแบบอัตโนมัติ หุ่นยนต์จะทำงานตามลำดับของการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามโปรแกรมที่กำหนด ซึ่งหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะจะทำงานตามโฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) ในรูปที่ 6 โดยเริ่มต้นตัวเครื่องจะเคลื่อนไปทางซ้าย จากนั้นจะหยุดตรงแผงและมอเตอร์ปั๊มจะพ่นน้ำให้แผงเปียก ดังแสดงในรูปที่ 7 (ก) จากนั้นตัวมอเตอร์และแปรงทำความสะอาดจะทำงาน โดยมอเตอร์จะปล่อยสลิงเพื่อให้ชุดแปรงเลื่อนลงมาบนแผงเพื่อทำความสะอาดจนสุดแผง และเมื่อสุดแผงสลิงจะดึงชุดแปรงกลับดังรูปที่ 7 (ข) จากนั้นจะเคลื่อนไปด้านข้างยังแผงต่อไป ซึ่งในการทำความสะอาด 1 แผงจะปล่อยชุดแปรงทำความสะอาดขึ้น-ลงจำนวน 2 รอบต่อ 1 แผง หรือ 4 รอบต่อ 2 แผง สำหรับระยะเวลาในการสั่งให้มอเตอร์ทำงานเพื่อควบคุมการปล่อยและดึงกลับสลิง การหมุนแปรงขัดทำความสะอาด รวมถึงการเคลื่อนที่ไปด้านข้างจะใช้การคำนวณ



รูปที่ 5 หน้าจอแอปพลิเคชัน Blynk

เอาไว้ล่วงหน้าเพื่อกำหนดระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์ให้เหมาะสม เพื่อให้ได้ระยะทางตามต้องการ

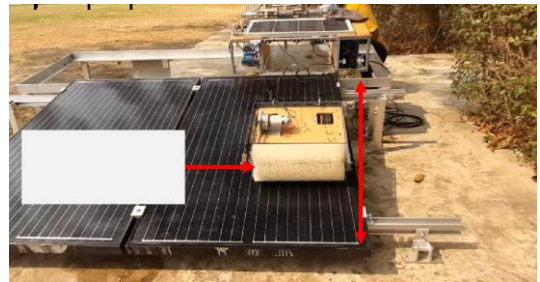




รูปที่ 6 โพลีชาร์ตการทำงานของหุ่นยนต์



(ก) การพ่นละอองน้ำ



(ข) ปลดปล่อยแปรงขัดเพื่อทำความสะอาด

รูปที่ 7 การทำงานของหุ่นยนต์ขณะทำความสะอาด

### 3. ผลการทดลอง

#### 3.1 การทดสอบความเร็วในการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทดสอบความเร็วในการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จะกำหนดให้หุ่นยนต์ทำงานในโหมดควบคุมแบบอัตโนมัติ โดยในการทดสอบนี้ จะมีการปรับองศาการเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้แตกต่างกัน 3 กรณีคือ 5 10 และ 15 องศา และให้หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงทั้ง 3 กรณี เพื่อนำเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาดมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์สมรรถนะในการทำความสะอาดของหุ่นยนต์ที่พัฒนาขึ้น

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบความเร็วในการทำความสะอาดนี้ เป็นชนิดโมโนคริสตัลไลน์ (Mono Crystalline) จำนวน 2 แผง แต่ละแผงมีขนาด 120 เซนติเมตร x 60 เซนติเมตร โดยขนาดดังกล่าวจะนำไปใช้คำนวณหาระยะเวลาการหมุนของมอเตอร์เพื่อ (1) ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ไปด้านข้างให้ได้ระยะพอดีกับความกว้างของแผง (2) ควบคุมระยะการปล่อยและดึงชุดแปรงทำความสะอาดให้พอดีกับความยาวของแผง ยกตัวอย่างเช่น เมื่อปล่อยม้วนสลิงด้วยการหมุน 1 รอบ จะได้ระยะ 15.95 เซนติเมตร ในขณะที่มอเตอร์เกียร์ที่ใช้ควบคุมมีความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที ดังนั้น มอเตอร์จะทำงานประมาณ 4 วินาที เพื่อ



เคลื่อนที่ไปบนแผงในระยยะ 60 เซนติเมตร นอกจากนี้ ระยะเวลาในการทำงานดังกล่าวจะถูกนำไปกำหนดหนดระยะเวลาทำงานของปั้มพ่นละอองน้ำและมอเตอร์หมุนแปรงปัด เพื่อให้ทำงานในโหมดต่างๆ ตามโฟลว์ชาร์ตดังรูปที่ 6 ได้อย่างถูกต้อง

ระยะทางในการเคลื่อนที่รวมทั้งหมดของหุ่นยนต์ขณะทำความสะอาดประกอบด้วย ระยะการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของชุดแปรงทำความสะอาด จะพิจารณาจากการเคลื่อนที่ในแนวตั้งความยาวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 120 เซนติเมตร เมื่อปล่อยแปรงลงจนสุดและดึงขึ้นสู่ตำแหน่งเดิมจะได้ระยะทางรวมเท่ากับ 240 เซนติเมตร ในส่วนของการเคลื่อนที่ไปด้านข้าง จะพิจารณาตามขนาดในแนวนอนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองแผง ที่มีขนาดกว้าง 2 x 60 เซนติเมตร โดยเมื่อเทียบกับตัวหุ่นยนต์ที่มีขนาดความกว้าง 30 เซนติเมตร จะต้องขยับตำแหน่งไปด้านข้างทั้งหมดจำนวน 4 ครั้งต่อการทำงานสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสอง

เพื่อทดสอบความสามารถในการทำงานของชุดแปรงปัด จึงกำหนดกรณีศึกษาโดยให้หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ความลาดเอียงต่างกัน 3 ระดับ โดยผลการทดสอบความเร็วในการทำความสะอาดแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4 พบว่าเวลาที่ใช้ในการทำงานสะอาดของหุ่นยนต์จะเพิ่มขึ้นตามองศาการเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากเมื่อความชันเพิ่มขึ้น จะต้องเพิ่มระยะเวลาในการหมุนของมอเตอร์ที่ควบคุมการดึงขึ้น-ลงของสลิงของชุดแปรงปัด เพื่อชดเชยแรงเสียดทานที่เพิ่มขึ้นตามองศาของการเอียง

ตารางที่ 4 ความเร็วในการทำงานสะอาดของเครื่องทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ

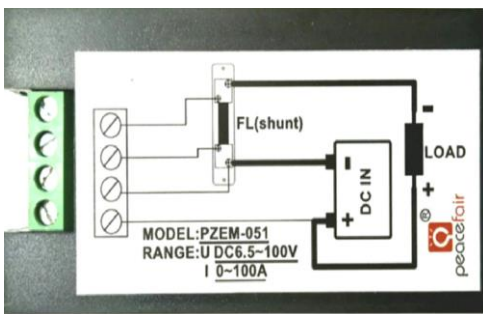
ความลาดเอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (องศา)	ความเร็วในการทำงานสะอาดโดยประมาณ (วินาที/ตารางเมตร)
5	129
10	134
15	139

### 3.2 การทดสอบอัตราการใช้พลังงานของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ

การทดลองนี้จะทำการวัดค่าโดยใช้มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับวัดค่ากำลังไฟฟ้าวัตต์ชั่วโมง (Wh) ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 8 (ก) โดยต่อไว้บริเวณขาออกของแบตเตอรี่ที่เป็นแหล่งพลังงานหลักของหุ่นยนต์ทำความสะอาด ซึ่งมีการต่อวงจรเพื่อทำการวัดดังแสดงในรูปที่ 8 (ข) โดยการวัดอัตราการใช้พลังงานจะเริ่มต้นจากหุ่นยนต์เริ่มทำความสะอาดที่จุดเริ่มต้น (หุ่นยนต์อยู่ทางด้านขวามือสุด) และสิ้นสุดลงเมื่อหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งสองแผงแล้วเสร็จ (หุ่นยนต์เคลื่อนมาอยู่ทางด้านซ้ายมือสุด) ในการทดสอบการวัดนี้ จะกำหนดระดับการเอียงของแผงไว้ที่ 15 องศา เนื่องจากเป็นระดับองศาที่ใช้ในงานติดตั้งโดยทั่วไป ซึ่งให้ประสิทธิภาพดีที่สุดในการผลิตกำลังไฟฟ้า โดยผลการทดสอบอัตราการใช้พลังงานเมื่อจบการทำงาน หุ่นยนต์ใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 2.02 วัตต์ชั่วโมงหรือคิดเป็น 1.40 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร (Wh/m<sup>2</sup>)



(ก) เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า



(ข) วงจรการต่อเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

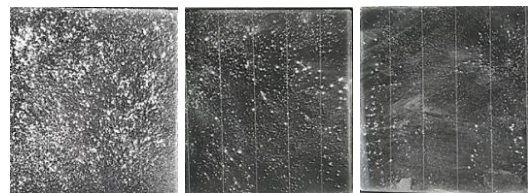
รูปที่ 8 อัตราการใช้พลังงานของหุ่นยนต์

### 3.3 การทดสอบความสามารถในการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การทดสอบประสิทธิภาพการทำความสะอาด จะสร้างกรณีศึกษาขึ้นมา โดยกำหนดให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มีความสกปรกบนแผงแบ่งเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งจะใช้ผงแป้งฝุ่นเป็นตัวสร้างความสกปรกบนแผง เนื่องจากสังเกตเห็นได้ง่าย จากนั้นจะให้หุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ทำความสะอาดสิ่งสกปรกบนแผงทั้ง 3 ระดับ เพื่อพิจารณาเปรียบเทียบก่อนและหลังทำความสะอาด

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ใช้ในการทดสอบนี้ เป็นชนิดโมโนคริสตัลไลน์ขนาด 110 วัตต์ จำนวน 2 แผง มีขนาดพื้นที่ผิวรวมประมาณ 1.44 ตารางเมตร และกำหนดระดับการเอียงของแผงไว้ที่ 15 องศา เช่นเดียวกันกับการทดสอบอัตราการใช้พลังงาน และจะทำการทดสอบการทำความสะอาดในช่วงระยะเวลาใกล้เคียงกัน ที่เวลาประมาณ 12.00 น.

หลังการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ตามทั้ง 3 กรณีศึกษา ตัวแผงมีความสะอาดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 10 และเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ก่อนและหลังทำความสะอาดซึ่งมีรายละเอียดแสดงในรูปที่ 11 ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าหลังทำความสะอาดมีค่าใกล้เคียงกันคือ 187 วัตต์ 200 วัตต์ และ 215 วัตต์ ตามลำดับ



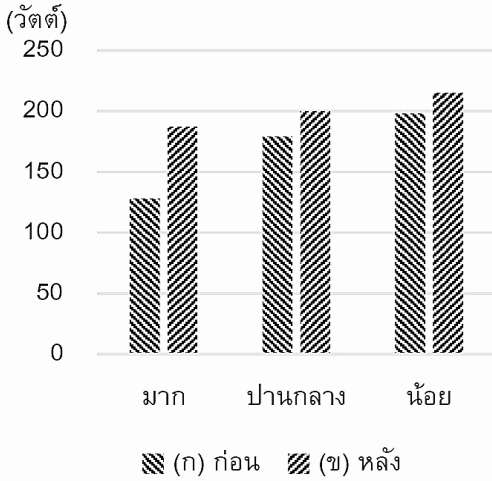
(ก) มาก (ข) ปานกลาง (ค) น้อย

รูปที่ 9 ผิวแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนทำความสะอาด



(ก) มาก (ข) ปานกลาง (ค) น้อย

รูปที่ 10 แผงเซลล์แสงอาทิตย์หลังทำความสะอาด



รูปที่ 11 กำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนและหลังทำความสะอาด

จากรูปที่ 11 พบว่าความแตกต่างระหว่างระดับกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ก่อนและหลังทำความสะอาด จะมากที่สุดในการนี้ที่มีความสกปรกของแผงมาก ประมาณ 32% รองลงมาเป็นความสกปรกปานกลาง และน้อย ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่ทำความสะอาดฝุ่นละอองที่เกาะอยู่บริเวณผิวจะถูกปัดออกไปได้ง่ายกว่าฝุ่นละอองที่เกาะติดอยู่กับผิวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรง หลังทำความสะอาดจึงยังหลงเหลือคราบสกปรกบางส่วนติดอยู่บริเวณพื้นผิว ทำให้ความแตกต่างระหว่างระดับกำลังไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้ก่อนและหลังทำความสะอาด ในกรณีของความสกปรกปานกลางและน้อยมีประมาณ 11% และ 8% ตามลำดับ และจากความสามารถในการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ทำความสะอาดมากขึ้น จะสามารถประมาณเวลาในการทำงานและพลังงานไฟฟ้าได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เวลาและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของหุ่นยนต์ทำความสะอาดเมื่อใช้กับระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่พิกัดกำลังไฟฟ้าต่างๆ

พิกัดกำลังไฟฟ้าของระบบ (กิโลวัตต์)	พื้นที่ทำความสะอาด (ตารางเมตร)	เวลาที่ใช้ (นาที)	พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ (วัตต์ชั่วโมง)
5	40	92.40	56.0
10	72	166.48	100.8
50	360	834.00	504.0

#### 4. บทสรุป

งานวิจัยนี้ทำการพัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์อัจฉริยะ ที่มีรูปแบบการทำงานแบบผสมระหว่างแบบเคลื่อนที่ด้านข้างกับแบบเคลื่อนที่อิสระขึ้น-ลงของแปรงปัด ซึ่งเป็นระบบที่มีข้อได้เปรียบโดยเฉพาะโครงสร้างที่ยืดหยุ่นสะดวกในการเพิ่มหรือลดขนาดรวมถึงปรับปรุงเพื่อยกระดับความสามารถและซ่อมบำรุง นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์เอาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเข้ามาใช้ควบคุม เพื่อให้สามารถควบคุมแบบไร้สาย โดยหุ่นยนต์ดังกล่าวสามารถทำงานได้ทั้งในโหมดควบคุมอัตโนมัติและควบคุมด้วยมือ หุ่นยนต์ทำความสะอาดที่พัฒนาขึ้นมาชิ้นนี้ สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบเอาไว้ โดยอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบสามารถประสานการทำงานได้เป็นอย่างดี เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO สามารถควบคุมการทำงานของกลไกต่างๆ เช่น แปรงปัด บั๊มพ่นละอองน้ำ รวมถึงระบบขับเคลื่อนต่างๆ ให้ทำงานตามที่ออกแบบได้อย่างแม่นยำ และ Node MCU ESP8266 สามารถประสานการทำงานกับ



ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO ได้เป็นอย่างดี จึงทำให้สามารถควบคุมหุ่นยนต์แบบไร้สาย โดยส่งงานผ่านแอปพลิเคชัน Blynk ได้ ทั้งในโหมดควบคุมอัตโนมัติและควบคุมด้วยมือ โดยการทำงานในโหมดควบคุมอัตโนมัตินั้น หุ่นยนต์มีความเร็วในการทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการเอียง 15 องศา ที่อัตราประมาณ 2.19 นาทีต่อตารางเมตร โดยใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยประมาณ 1.4 วัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตร

ในส่วนของสมรรถนะในการทำความสะอาดนั้น สามารถทำได้ค่อนข้างดี โดยเห็นได้จากกำลังไฟฟ้าที่วัดได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ก่อนและหลังทำความสะอาดทั้ง 3 กรณีศึกษา มีค่าใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม หลังการทำความสะอาด จะยังเหลือคราบสกปรกบางส่วนติดอยู่บริเวณพื้นผิว ทั้งนี้เนื่องจากน้ำหนักในการกดทับของแปรงขัดขณะทำความสะอาดมีไม่เพียงพอ ประกอบกับฝุ่นละอองที่ถูกพัดออกไปนั้นยังคงลอยหมุนเวียนอยู่บริเวณแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นข้อเสียเปรียบของหุ่นยนต์ทำความสะอาดแบบเคลื่อนที่อิสระ ซึ่งในส่วนนี้ อาจสามารถแก้ไขได้โดยการเพิ่มใบพัดฝุ่นละอองเข้าไว้ที่ชุดแปรงขัด เพื่อพัดเอาละอองน้ำและสิ่งสกปรกให้ออกบริเวณพื้นผิวได้ หุ่นยนต์ทำความสะอาดที่พัฒนาขึ้น เหมาะสำหรับทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งอยู่ในในระนาบเดียวกัน โดยผู้ใช้งานสามารถพิจารณาข้อมูลเวลาและพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เมื่อประยุกต์ใช้กับระบบผลิตกำลังไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งกำลังไฟฟ้าต่าง ๆ ตามที่ได้สรุปไว้ เพื่อประกอบการออกแบบและนำไปใช้งาน

ในงานวิจัยนี้ เป็นการทดสอบความสามารถของหุ่นยนต์ต้นแบบ ในส่วนการนำไปใช้งานจริง จะต้องทดสอบกับสิ่งสกปรกจริงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นขั้นตอนต่อไปของการพัฒนาต่อยอดตัวต้นแบบ

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานวิจัยและพัฒนา มทร.สุวรรณภูมิ ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานของหน่วยวิจัยระบบอัจฉริยะและการแปลงผันพลังงาน

## 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] [www.eppo.go.th/index.php/th/informationservices/ct-menu-item-56](http://www.eppo.go.th/index.php/th/informationservices/ct-menu-item-56). (Accessed on 11 June 2021)
- [2] <http://webkc.dede.go.th/testmax/node/149>. (Accessed on 11 June 2021)
- [3] <http://webkc.dede.go.th/testmax/node/4537>. (Accessed on 11 June 2021)
- [4] S. Yiemwattana and S. Charenkit, The prototype solar house for tropical climate of Thailand, *Art and Architecture Journal Naresuan University*, 2018, 9(1), 25-41. (in Thai)
- [5] <http://webkc.dede.go.th/testmax/node/4535>. (Accessed on 16 June 2021)
- [6] N. Ketjoy and M. Konyu, The dust effect on photovoltaic module surface to photovoltaic power generation, *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 2013, 32(5), 555-562. (in Thai)



- [7] N. Khadka, A. Bista, B. Adhikari, A. Shrestha and D. Bista, Solar photovoltaic panel cleaning system, International Conference on Sustainable Energy and Green Technology (SEGT 2019), Proceeding, 2019, 1-8.
- [8] C. Kraisoda, Solar panel cleaning system for house, Thesis, Suranaree University of Technology, Thailand. 2019.
- [9] I. Therdsak, W. Kittisak, S. Naphatsadol and B. Witchwut, Solar panel cleaning robot, The 5<sup>th</sup> National Conference on Industrial Technology and Engineering (NCITE 2019), Proceeding, 2019, 308-319. (in Thai)
- [10] J. Duangpaichum, A.S. Thuan and N. Intakaew, Robotic solar panel cleaner, Thesis, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand, 2017.
- [11] S. Chaiyaporn and S. kitha, Development and control of solar panel cleaning robot, The 32<sup>th</sup> Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand, Proceeding, 2018, 635-641. (in Thai)
- [12] J. Suwannachote, Development of a working prototype cleaning robot for rooftop solar panels, Thesis, Kasetsart University, Thailand. 2019.
- [13] Y.S. Parihar, Internet of things and nodemcu, Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 2019, 6(6), 1085-1088.
- [14] M.N. Mohammed, S. Al-Zubaidi, S.H.K. Bahrain, M. Zaenudin and M.I. Abdullah, Design and development of river cleaning robot using IoT technology, The 16<sup>th</sup> IEEE International Colloquium on Signal Processing and Its Applications (CSPA), Proceeding, 2020, 84-87.