

การประเมินความเสียหายแผงเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินด้วยภาพถ่าย  
และภาพความร้อนจากอากาศยานไร้คนขับ  
Assessing Damage to Solar Farm using Photographs and Thermal Image  
from Unmanned Aerial Vehicles

พลากร พรหมเมศรี<sup>1\*</sup>  
Palakorn Prommet<sup>1\*</sup>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ นำเสนอการประเมินความเสียหายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยภาพถ่ายและภาพความร้อนจากอากาศยานไร้คนขับในพื้นที่โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดินหรือโซลาร์ฟาร์มขนาดกำลังการผลิต 502.2 กิโลวัตต์สูงสุดในพื้นที่สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการประเมินสภาพแวดล้อม ความสกปรก ความเสียหายภาพรวมและรายแผง และการเสื่อมสภาพของโมดูลภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเกิดจากการติดตั้งและการใช้งานตลอดระยะเวลา 5 ปี ของโครงการ ในการบินสำรวจสามารถจำแนกความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในโครงการ ได้แก่ รอยร้าวของกระจกหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ความสกปรกจากสภาพแวดล้อมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การบังเงาของวัชพืชต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การกัดกร่อนภายในและการหลุดลอก และการเกิดจุดความร้อนภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น โดยในการใช้งานอากาศยานไร้คนขับสามารถช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสำรวจตรวจสอบในกรณีที่เป็นโครงการขนาดใหญ่ อีกทั้ง สามารถนำผลที่ได้จากการสำรวจไปวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในอนาคต

**คำสำคัญ:** ภาพความร้อน แผงเซลล์แสงอาทิตย์ อากาศยานไร้คนขับ การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

Abstract

This research presented the assessment of solar panel damage using photographic and thermal images from unmanned aerial vehicles (UAV) in the area of a ground-based solar power generation project or solar farm with a maximum production capacity of 502.2 kWp in the area of the President's Office, Princess of Naradhiwas University. The objectives were to assess the environment, dirtiness, overall and individual damage to the panels, and deterioration of the solar modules inside the panels, which were caused by the installation and use throughout the 5 - year period of the project. The survey flights could classify the damage to the solar panels in the project, such as cracks in the solar panel windshield, environment dirtiness from the solar panel, shading from weeds on the solar panels, internal corrosion (rusting) and peeling, and the occurrence of hot spots inside the solar panels, etc. The use of UAV could help save time and costs in surveying and inspection operations in the case of large-scale projects. In addition, the results of the survey could be used to plan preventive maintenance correctly and appropriately in the future.

**Keywords:** Thermal Image, Solar Panel, Unmanned Aerial Vehicles, Preventive Maintenance

<sup>1</sup>รศ., สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000

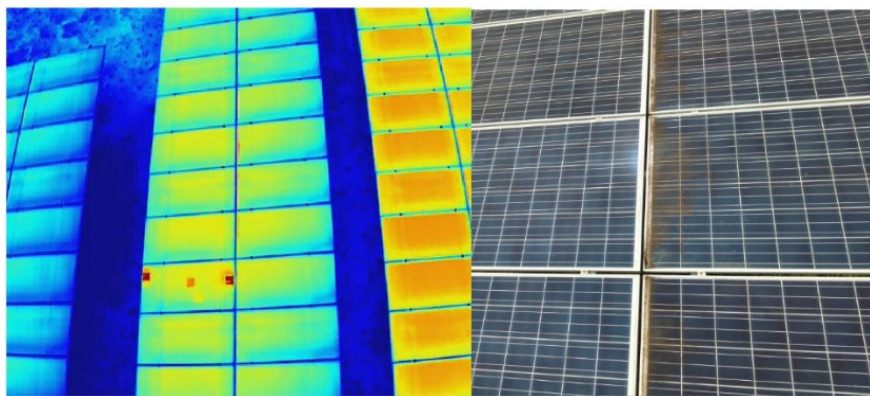
<sup>1</sup>Assoc. Prof., Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat 96000, Thailand

\*Corresponding Author: Email: palakorn.ep@gmail.com, palakorn.p@pnu.ac.th, Tel: 081-5426986, 073-709030

## บทนำ

ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและนวัตกรรมในช่วงเวลาที่ผ่านมามีบทบาทต่อสังคมเป็นอย่างมาก โดยในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัยเกิดขึ้นจำนวนมากแทนที่เทคโนโลยีเดิม ซึ่งความก้าวหน้าของเทคโนโลยีนำมาซึ่งความสะดวกสบายหากแต่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น และหนึ่งในเทคโนโลยีที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงโลก (Disruptive technology) คือ ยานพาหนะไร้คนขับหรือกึ่งไร้คนขับ (Automotive vehicles) ซึ่งหมายรวมถึงอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle; UAV) หรือที่เรียกกันว่า “โดรน” ซึ่งในความหมายของอากาศยานไร้คนขับ คือ เป็นยานพาหนะขนาดเล็กที่มีการควบคุมและสั่งการบินด้วยระบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติโดยไม่มีนักบินควบคุมการบินอยู่บนเครื่อง สามารถควบคุมด้วยอุปกรณ์ระยะไกล การใช้ประโยชน์ของอากาศยานไร้คนขับระยะแรกเริ่มนั้น เริ่มต้นพัฒนามาจากเทคโนโลยีทางการทหาร [1] ในปัจจุบันได้มีพัฒนาอากาศยานไร้คนขับเพื่อตอบสนองการใช้งานที่มีความหลากหลาย ทั้งการบังคับควบคุมทางอากาศ อากาศยานไร้คนขับในด้านการกีฬา ด้านการถ่ายภาพสันทนาการ [2] และยังมีประโยชน์ในอีกหลายด้าน เช่น การบินสำรวจภาพถ่ายทางอากาศและการจัดทำแผนที่ทางอากาศ การบันทึกภาพและการถ่ายทอดสด ใช้เป็นพาหนะในการขนส่งสินค้า การบินสำรวจพื้นที่ภัยพิบัติ การเก็บข้อมูลทางด้านการเกษตรเพื่อส่งข้อมูลภาพโดยใช้ร่วมกับระบบฟาร์มเกษตร การบินสำรวจตรวจสอบในด้านการทหาร หรือแม้แต่ในบางประเทศยังประยุกต์ใช้งานอากาศยานไร้คนขับในการตรวจจับความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบสายส่งแรงสูง หรือใช้งานด้านการสำรวจบำรุงรักษาระบบพลังงานหมุนเวียน เป็นต้น

ในการใช้งานอากาศยานไร้คนขับในการสำรวจบำรุงรักษาระบบพลังงานหมุนเวียน เช่น ใช้อากาศยานไร้คนขับสำรวจโครงสร้างผนังเขื่อนไฟฟ้าพลังงานน้ำ ใช้งานอากาศยานไร้คนขับในการถ่ายภาพความเสียหายของโครงสร้างกังหันลมขนาดใหญ่ [3] ใช้อากาศยานไร้คนขับในการสำรวจความเสียหายของอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้า อีกทั้ง ยังมีการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในการสำรวจภาพความเสียหายโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ดังภาพที่ 1 เพื่อช่วยให้การสำรวจเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลา มีประสิทธิภาพ และมีค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการต่ำ โดยสามารถรวบรวมนำผลที่ได้จากการสำรวจไปจัดเก็บในฐานข้อมูล (Database) และประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการสำรวจมาใช้ในการแสดงผล ประเมินผล และพยากรณ์ผลความเสียหายที่เกิดขึ้นล่วงหน้า เพื่อนำมาใช้ไปวางแผนการบำรุงรักษาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม



ภาพที่ 1 ลักษณะภาพถ่ายความเสียหายของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

จากความเป็นมาดังกล่าว ผู้วิจัยมีแนวคิดในการนำเสนอเทคนิคการประเมินความเสียหายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยภาพถ่ายและภาพความร้อนจากอากาศยานไร้คนขับ โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน ขนาด 502.2 กิโลวัตต์สูงสุด มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เพื่อประเมินสภาพแวดล้อม ปัญหาความสกปรก ความเสียหายภาพรวม และรายแผง รวมถึงการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ตลอดระยะเวลา 5 ปี ของโครงการ โดยนำผลภาพถ่ายและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไปจำแนกประเภทของความเสียหายที่เกิดขึ้น อีกทั้ง สามารถนำไปใช้ประกอบในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันได้อย่างถูกต้องเหมาะสมตามวงจรการบำรุงรักษาที่กำหนด

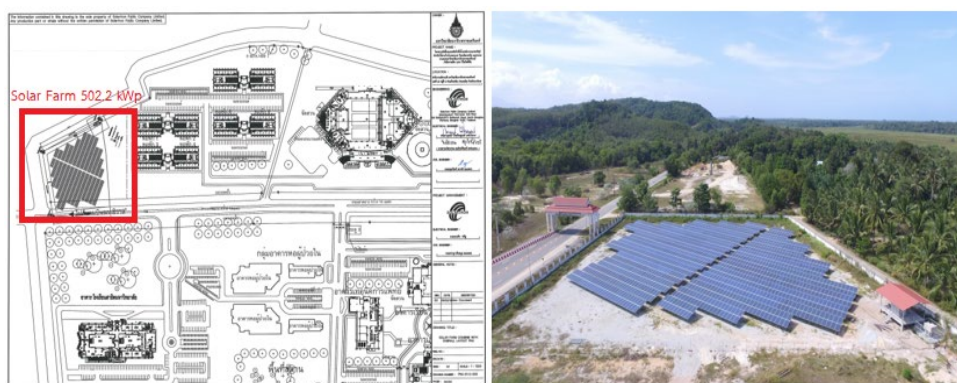
## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการ

ความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการศึกษาในงานวิจัยนี้ เป็นการประเมินความเสียหายที่เกิดต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยตรงและจะส่งผลทำให้แผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ [4-5] ซึ่งมีลักษณะความเสียหายและผลกระทบต่อการทำงานที่ต่างกัน เช่น รอยร้าวหรือแตกของกระจกหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ปัญหาการกัดกร่อนและการหลุดลอกภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รอยแตกขนาดเล็กภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ หรือความเสียหายจากจุดความร้อนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น โดยวิธีการประเมินความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้งานกันในปัจจุบัน ได้แก่ วัดค่าความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (I-V curve) ใช้เทคนิคถ่ายภาพปรากฏการณ์ทางแสงและทางไฟฟ้า (Electroluminescence) ใช้เทคนิคถ่ายภาพด้วยกล้องอินฟราเรด (Infrared thermography) ใช้อากาศยานไร้คนขับร่วมกับกล้องถ่ายภาพความร้อน (UAV with thermal camera) การใช้เทคนิคการเก็บข้อมูลของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Data Acquisition System; DAS) โดยเทคนิคการประเมินความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยการใช้อากาศยานไร้คนขับร่วมกับกล้องถ่ายภาพความร้อน เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ประหยัดเวลา สามารถเข้าถึงพื้นที่การสำรวจได้ง่าย และมีความน่าเชื่อถือได้ในปัจจุบัน [6-7]

### 1. โครงการระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ขอรับการสนับสนุนงบประมาณจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ประจำปีงบประมาณ 2561 เพื่อดำเนินงาน “โครงการจัดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้งานในโรงพยาบาล วิทยาลัยเทคนิค และหน่วยงานของมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนหลังคาและบนพื้นดิน (Solar rooftop and solar farm) ในสถานศึกษา วิทยาเขต และโรงพยาบาลในกำกับของมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส ขนาดกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 1,500 กิโลวัตต์ และลดค่าภาระค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า และลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของหน่วยงาน รวมทั้งเป็นศูนย์สาธิตการเรียนรู้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนในพื้นที่ 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้

โดยพื้นที่สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงการ ได้ทำการติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบติดตั้งบนพื้นดิน ขนาดกำลังการผลิต 502.2 กิโลวัตต์สูงสุด ใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 310 วัตต์ จำนวน 1,620 แผง จัดวงจรติดตั้งทั้งสิ้น 81 วงจร (Strings) วงจรละ 20 แผง (Module) โดยทำการติดตั้งร่วมกับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง (Grid tie inverter) ขนาด 500 กิโลวัตต์ จำนวน 1 เครื่อง และใช้หม้อแปลงกำลังไฟฟ้า (Power transformer) ขนาด 630 กิโลโวลต์-แอมแปร์ ในการยกระดับแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้เชื่อมต่อกับระบบสายจำหน่ายแรงดันปานกลาง 33 กิโลโวลต์ ภายในพื้นที่สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ โดยใช้พื้นที่ในการติดตั้งรวม 8 ไร่ โดยในปัจจุบันที่ได้รับใบอนุญาตเชื่อมต่อบริการดังกล่าวจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และทดสอบใช้งานมาตลอดระยะเวลา 5 ปี ดังภาพที่ 2

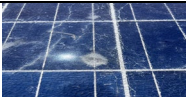
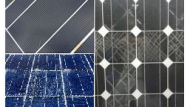
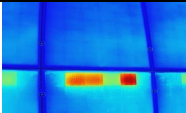


ภาพที่ 2 โครงการระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้น 502.2 กิโลวัตต์สูงสุด  
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

## 2. การจำแนกรูปแบบความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

รูปแบบความเสียหายที่เกิดขึ้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ส่งผลทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของโครงการลดลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการประเมินความเสียหายที่เกิดขึ้นดังกล่าวอย่างเหมาะสมและทันทั่วทั้ง อีกทั้ง ข้อมูลดังกล่าวยังมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวางแผนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในอนาคต [8] จากตารางที่ 1 สามารถจำแนกรูปแบบความเสียหายหรือข้อบกพร่องที่สามารถมองเห็นได้โดยทั่วไปจากภาพถ่ายปกติ และภาพความร้อนที่ทำการถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งเป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นในลักษณะเช่นเดียวกันจากการศึกษาในแต่ละพื้นที่การติดตั้งโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดินในหลายพื้นที่ของมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ตารางที่ 1 การจำแนกความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

| ประเภทความเสียหาย                                         | ภาพประกอบ                                                                           | สาเหตุ                                                         | หมายเหตุ                               |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| รอยร้าวของกระจกหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์                     |    | มีวัตถุหรือของแข็งตกกระทบ                                      | ภาพถ่ายปกติ                            |
| ความสกปรกจากสภาพแวดล้อมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์              |    | ขาดการบำรุงรักษา                                               | ภาพถ่ายปกติ                            |
| การบังเงาของวัชพืชต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์                   |   | ขาดการบำรุงรักษา                                               | ภาพถ่ายปกติ                            |
| การยุบตัวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์                            |  | แผงเซลล์แสงอาทิตย์เสื่อมสภาพ                                   | ภาพถ่ายปกติ<br>(เปรียบเทียบกับแผงอื่น) |
| การกัดกร่อนภายในเซลล์และการหลุดลอกภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ |  | เกิดความชื้นภายในเซลล์                                         | ภาพถ่ายปกติ                            |
| รอยแตกขนาดเล็กในเซลล์แผงเซลล์แสงอาทิตย์                   |  | เซลล์มีคุณภาพต่ำ                                               | ภาพถ่ายปกติ                            |
| เกิดจุดความร้อนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์                       |  | ค่าความต้านทานของเซลล์สูงเนื่องจากกระบวนการเชื่อมต่อไม่เหมาะสม | ภาพถ่ายความร้อน                        |

## 3. คุณสมบัติของอากาศยานไร้คนขับและการสำรวจประเมิน

อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการสำรวจความเสียหายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ในพื้นที่โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน ขนาด 502.2 กิโลวัตต์สูงสุด ในพื้นที่สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จะใช้งานอากาศยานไร้คนขับของบริษัท DJI รุ่น Mavic 2 Enterprise Advanced ซึ่งเป็นกลุ่มอากาศยานไร้คนขับประสิทธิภาพสูง ที่ใช้งานเฉพาะในภาคธุรกิจหรือในกลุ่มอุตสาหกรรมเป็นหลัก เช่น งานสำรวจพื้นที่หน้างานหรือพื้นที่ภายในโรงงาน งานกู้ภัยที่อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ การทำแผนที่ทางอากาศ การสำรวจเฝ้าระวังเพื่อความปลอดภัยพื้นที่ หรือการสำรวจความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นต้น

อากาศยานไร้คนขับของบริษัท DJI รุ่น Mavic 2 Enterprise Advanced มีคุณสมบัติที่สำคัญ ได้แก่ กล้องมองภาพคู่ (กล้องมองภาพปกติและกล้องจับภาพความร้อน) โดยกล้องมองภาพปกติ มีความละเอียดที่ 48 ล้านพิกเซล อัตราขยายสูงสุด 32 เท่า ร่วมกับกล้องจับภาพความร้อน ความละเอียด 640 x 512 พิกเซล อัตราขยายสูงสุด 16 เท่า ให้ค่าจำนวนภาพนิ่ง (Frame rate) ที่ 30 เฟรมต่อวินาที ซึ่งกล้องจับภาพความร้อนจากวัตถุจริงที่วัดได้ (Radiometric) ทำให้เมื่อถ่ายภาพความร้อนแล้วสามารถระบุอุณหภูมิภายในภาพได้อย่างแม่นยำ (ค่าความถูกต้อง  $\pm 2$  องศาเซลเซียส) อีกทั้ง สามารถแสดงผลการบิน

สำรวจรวมถึงการถ่ายภาพพร้อมกันได้ทั้ง 2 กล้อง (Spilt mode) เพื่อช่วยต่อการมองเปรียบเทียบภาพที่ทำการสำรวจ ณ ขณะเวลาจริง คุณสมบัติที่มีความสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ DJI รุ่น Mavic 2 Enterprise Advanced สามารถติดตั้งอุปกรณ์รับวัดค่าพิกัดตำแหน่งที่มีความแม่นยำ (RTK module) ที่มีความละเอียดสูง อีกทั้ง ยังช่วยให้ทำการบินเข้าไปยังพื้นที่ที่มีสนามแม่เหล็กสูงได้ ดังภาพที่ 3 ซึ่งจะช่วยให้การบินสำรวจความเสียหายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่โครงการ มีความแม่นยำและน่าเชื่อถือในระดับสูงตามไปด้วย



ภาพที่ 3 คุณสมบัติอากาศยานไร้คนขับของบริษัท DJI รุ่น Mavic 2 Enterprise Advanced [9]

ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับในการสำรวจสภาพความเสียหายของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถจำแนกได้ 2 ลักษณะ คือ 1) ภาพถ่ายหรือวิดีโอจากกล้องมองภาพหลัก ซึ่งเป็นลักษณะภาพหรือวิดีโอมาตรฐานในโหมดการทำงานปกติของกล้องมองภาพหลัก ซึ่งความคมชัดของตัวภาพขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของภาพและวิดีโอ รวมถึงความละเอียดของตัวกล้อง ซึ่งในการประเมินความเสียหายของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถประเมินได้เพียงองค์ประกอบภายนอกของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในโครงการ และ 2) ภาพถ่ายหรือวิดีโอจากกล้องจับภาพความร้อน ซึ่งสามารถประเมินความเสียหายจากจุดความร้อนที่เกิดขึ้นภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ โดยที่ภาพถ่ายหรือวิดีโอจากกล้องมองภาพหลักไม่สามารถครอบคลุมการทำงานลักษณะดังกล่าวได้ ทั้งนี้ การถ่ายภาพทั้ง 2 ลักษณะมีความจำเป็นที่ต้องทำควบคู่กันเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการสำรวจที่ถูกต้องและแม่นยำ

โดยขั้นตอนในการบินสำรวจความเสียหายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่โครงการจริงนั้น ควรมีการพิจารณาเงื่อนไขที่สำคัญตามลำดับทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุวัตถุประสงค์ในการบินสำรวจ 2) ตรวจสอบสภาพอากาศก่อนทำการบิน 3) สร้างแผนการบินของอากาศยานไร้คนขับ 4) ทำการบินสำรวจและตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ และ 5) นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยผู้เชี่ยวชาญ ตามลำดับ

### ผลการวิจัย

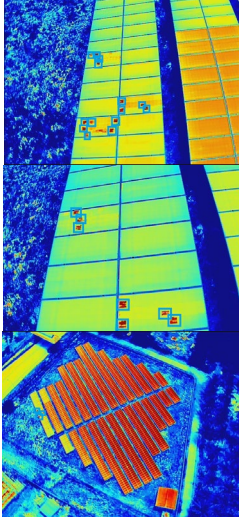
การบินสำรวจประเมินความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยภาพถ่ายและภาพความร้อนจากอากาศยานไร้คนขับโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน ขนาดกำลังการผลิต 502.2 กิโลวัตต์สูงสุด มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับประสิทธิภาพสูง DJI รุ่น Mavic 2 Enterprise Advanced จะกำหนดระยะความสูงในการบินห่างจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 3 ระดับ คือ 1 เมตร 5 เมตร และ 10 เมตร ตามลำดับ เพื่อได้ภาพถ่ายปกติและภาพความร้อนในรูปแบบเฉพาะแผงเซลล์แสงอาทิตย์ รูปแบบกลุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และรูปแบบภาพรวมของโครงการ โดยทำการควบคุมการบินด้วยตนเอง (Manual flight) โดยสามารถระบุความเสียหายได้ 7 รูปแบบ ดังตารางที่ 2 และ 3

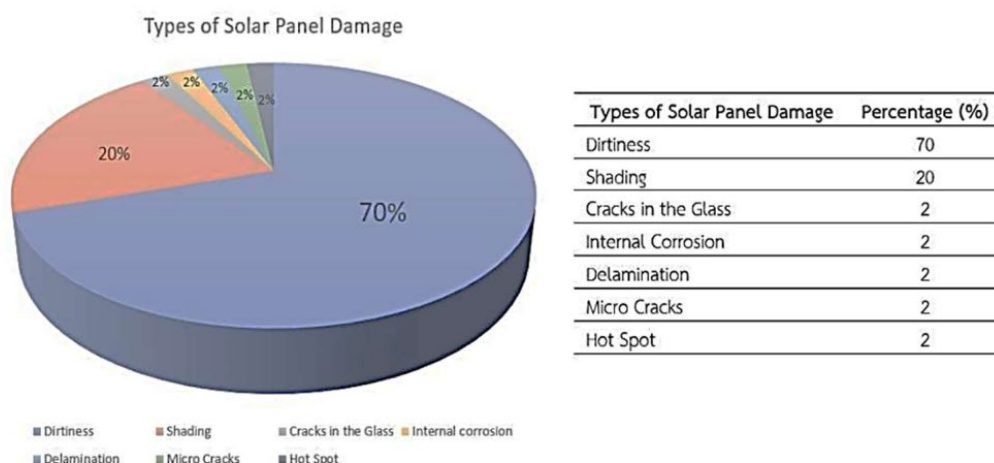


**ตารางที่ 2** ผลการสำรวจความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากภาพถ่ายปกติ

| ประเภทความเสียหาย                                         | ภาพประกอบ                                                                          | ตำแหน่งความเสียหาย/วงจรเชื่อมต่อ                      | หมายเหตุ                         |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|
| รอยร้าวของกระจกหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์                     |   | วงจรที่ 79-81/ดี.ซี.คอมไบเนอร์ 6                      | ภาพถ่ายปกติ                      |
| ความสกปรกจากสภาพแวดล้อมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์              |   | วงจรที่ 49-56/ดี.ซี.คอมไบเนอร์ 4                      | ภาพถ่ายปกติ                      |
| การบังเงาของวัชพืชต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์                   |   | วงจรที่ 49-56/ดี.ซี.คอมไบเนอร์ 4                      | ภาพถ่ายปกติ                      |
| การยุบตัวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์                            |   | วงจรที่ 79-81, วงจรที่ 49-56/ดี.ซี.คอมไบเนอร์ 6 และ 4 | ภาพถ่ายปกติ (เปรียบเทียบแผงอื่น) |
| การกัดกร่อนภายในเซลล์และการหลุดลอกภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ |   | วงจรที่ 79-81, ดี.ซี.คอมไบเนอร์ 6                     | ภาพถ่ายปกติ                      |
| รอยแตกขนาดเล็กในเซลล์แผงเซลล์แสงอาทิตย์                   |  | วงจรที่ 79-81, ดี.ซี.คอมไบเนอร์ 6                     | ภาพถ่ายปกติ                      |

**ตารางที่ 3** ผลการสำรวจความเสียหายของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากภาพถ่ายความร้อน

| ประเภทความเสียหาย                   | ภาพประกอบ                                                                           | ตำแหน่งความเสียหาย/วงจรเชื่อมต่อ  | หมายเหตุ        |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| เกิดจุดความร้อนบนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ |  | วงจรที่ 79-81, ดี.ซี.คอมไบเนอร์ 6 | ภาพถ่ายความร้อน |



**ภาพที่ 4** ชนิดความเสียหายแผงเซลล์แสงอาทิตย์โครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์

จากภาพที่ 4 ปัญหาความสกปรกจากสภาพแวดล้อมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีปริมาณสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 70 ของโครงการ ต่อมาคือ การบังเงาของวัชพืชต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คิดเป็นร้อยละ 20 ของโครงการ โดยปัญหารอยร้าวของกระจกหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การยุบตัวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การกัดกร่อนภายในและการหลุดลอก รอยแตกขนาดเล็กภายในเซลล์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และการเกิดจุดความร้อนภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 2 ของโครงการ

### การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการประเมินความเสียหายแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยภาพถ่ายและภาพความร้อนจากอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับประสิทธิภาพสูง DJI รุ่น Mavic 2 Enterprise Advanced ในการสำรวจและเก็บข้อมูล จากจำนวนแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้งทั้งหมด 1,620 แผง 81 วงจร วงจรละ 20 แผง พบว่า ปัญหาความสกปรกจากสภาพแวดล้อมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มีปริมาณสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 70 ของโครงการ ต่อมาคือ การบังเงาของวัชพืชต่อแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คิดเป็นร้อยละ 20 ของโครงการ โดยปัญหารอยร้าวของกระจกหน้าแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การยุบตัวของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การกัดกร่อนภายในและการหลุดลอก รอยแตกขนาดเล็กภายในเซลล์ของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และการเกิดจุดความร้อนภายในแผงเซลล์แสงอาทิตย์ คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 2 ของโครงการ ทำให้ทราบถึงปัญหาหลักที่เกิดขึ้นจากการขาดการบำรุงรักษาทำความสะอาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การขาดการดูแลสภาพแวดล้อมโดยรวมของโครงการเป็นผลทำให้เกิดการบังเงาของวัชพืชซึ่งเป็นปัญหาที่สามารถควบคุมได้โดยการวางแผนการบำรุงรักษาระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาวของโครงการอย่างต่อเนื่องเป็นระยะ อีกทั้ง สามารถประเมินระดับความเสียหายเชิงโครงสร้างของแผงเซลล์แสงอาทิตย์รวมถึงความเสื่อมสภาพของแผงเซลล์แสงอาทิตย์จากการเกิดจุดความร้อนที่เกิดขึ้นของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากการเสื่อมสภาพต่อการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ไม่สามารถควบคุมได้หากแต่มีความจำเป็นต้องมีการสำรวจ ตรวจสอบเป็นระยะเพื่อวางแผนในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานตลอดอายุโครงการ ทั้งนี้ หากต้องการพิจารณาในปัจจัยด้านประสิทธิภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์แบบองค์รวม จำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบด้านอื่นประกอบด้วย เช่น พิจารณาความหนาแน่นการเชื่อมต่อสายในวงจรแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การเชื่อมต่อรากสายดิน ความสมบูรณ์และการทำงานของอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้า เป็นต้น เพื่อให้สามารถมีการสำรวจตรวจสอบที่ครอบคลุมในทุกองค์ประกอบและนำไปวางแผนการบำรุงรักษาได้อย่างถูกต้อง

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Subcommittee on Consideration of Laws, Structures, Duties and Powers of Agencies Related to Information Technology. (2020). Report on the Study on Guidelines for Promoting the Use of Commercial Unmanned Aircraft Technology. *Senate Committee on Information, Communication and Telecommunications Technology Meeting No. 26/2020*, 18 August 2020.
- [2] Narcotic Plant Survey and Monitoring Institute. (2017, February 17). *Knowledge organization on unmanned aerial vehicles for narcotic plant survey*. Office of the Narcotics Control Board: Ministry of Justice. <http://www.oncb.go.th/ncsmi/doc3/อากาศยานไร้คนขับเพื่อการสำรวจพืชเสพติด.pdf>
- [3] Prommet, P., & Palasai, W. (2023). *Study of predictive maintenance of wind turbines at Lam Takhong Chala Pha Wattana Power Plant, Nakhon Ratchasima Province using a group unmanned aerial vehicle combined with an artificial intelligence processing system*. Electricity Generating Authority of Thailand.
- [4] Ferrara, C., & Philipp, D. (2012). Why do PV modules fail?, *Energy Procedia*, 15, 379-387. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.02.046>
- [5] Köntges, M., Kurtz, S.R., Packard, C.E., Jahn, U., Berger, K.A., Kato, K., Friesen, T., Liu, H., Iseghem, M.V., Wohlgemuth, J.H., Miller, D.C., Kempe, M.D., Hacke, P., Reil, F., Bogdanski, N., Herrmann, W., Buerhop-Lutz, C., Razongles, G., & Friesen, G. (2014). Review of Failures of Photovoltaic Modules. *Report IEA-PVPS T13-01:2014*, International Energy Agency (IEA). [http://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IEA-PVPS\\_T13-01\\_2014\\_Review\\_of\\_Failures\\_of\\_Photovoltaic\\_Modules\\_Final.pdf](http://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IEA-PVPS_T13-01_2014_Review_of_Failures_of_Photovoltaic_Modules_Final.pdf)
- [6] Zou, J. -T. & Rajveer, G. V. (2022). Drone-based solar panel inspection with 5G and AI Technologies. *2022 8th International Conference on Applied System Innovation (ICASI)*, Nantou, Taiwan, 2022, 174-178. <https://doi.org/10.1109/ICASI55125.2022.9774462>
- [7] Pruthviraj, U., Kashyap, Y., Baxevanaki, E. & Kosmopoulos, P. (2023). Solar photovoltaic hotspot inspection using unmanned aerial vehicle thermal images at a solar field in South India. *Remote Sensing*. 15(7), 1914. <https://doi.org/10.3390/rs15071914>
- [8] Masita, K., Hasan, A., & Shongwe, T. (2022). 75MW AC PV module field anomaly detection using drone-based IR orthogonal images with Res-CNN3 detector. *IEEE Access*, 10, 83711-83722. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3194547>
- [9] DJI Bangkok. (2021). *DJI Mavic 2 Enterprise Advanced*. <https://www.djibangkok.com/shop/dji-mavic-2-enterprise-advanced>