|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tài liệu trích dẫn** | **Công nghệ sử dụng** | **Đầu vào** | **Phương pháp phát hiện tấm pin năng lượng** | **Phương pháp phát hiện ra lỗi trong tấm pin** | **Đánh giá phát hiện tấm pin** | **Đánh giá phát hiện sự bất thường bên trong tấm pin** |
| [109] | Chụp ảnh đa phổ | 15330 ảnh tấm tế bào quang điện không có lỗi,  5915 ảnh có tế bảo quang điện bị lỗi,  tập huấn luyện 80%, kiểm tra 20% |  | Mạng neural tích chập đa phổ. |  | Độ chính xác:  Đường kẻ dày: 76.4%  Cổng bị bể: 80.4%  Vết xước: 48.6%  Điểm nhỏ giọt in lên: 82.1%  Độ khác biệt màu sắc: 100%  Tế bào bẩn: 87.2%  Không có bất thường: 98.1% |
| [105] | Chụp ảnh nhiệt hồng ngoại IR | 37 ảnh với 1544 tế bào quang điện (ảnh chụp từ UAV) | Ta sẽ tạo ra bản đồ nhiệt độ nền, rồi tự động phân ngưỡng để phân đoạn các tấm pin từ nền, từ đó loại bỏ nền mà ta không mong muốn, ước tính phía hàng của tấm pin quang điện, hiệu chỉnh kích thước tấm pin, chuẩn bị cho phân tích tấm pin. | Giá trị trung vị của lưới tế bào: Chia tấm pin thành một lưới 9 x 10 tế bào và tính toán nhiệt độ trung vị từ các nhiệt độ riêng lẻ trong mỗi tế bào lưới quang điện. | F1-score: 92.8% | Điểm nóng, Chuỗi phụ nóng, Tấm pin nóng (quá nhiệt), trung bình F1-score: 93.9% |
| [114] | Chụp ảnh RGB | Tập dữ liệu gốc: 45754 ảnh,  Tập huấn luyện: 27537 ảnh,  Tập xác thực: 18217 ảnh |  | Mô hình dùng để phát hiện là ImpactNet, kỹ thuật định vì dùng Mask FCNN, dùng để dự đoán tổn thất công suất và định vị vết bẩn, tăng cường khả năng định vị thông qua BiDiAF, phân loại những vết bẩn bằng WebNN |  | Bụi, Tuyết, Phân chim, Vết nứt với độ chính xác tổng thể là 84.5% |
| [100] | Camera phát ánh sáng (CCD) và chụp ảnh nhiệt hồng ngoại IR | Ảnh từ UAV | Phép biến đổi hình thái và thuật toán dò biên Canny | Xử lý ảnh nhiệt và video CCD, phát hiện điểm nóng dựa trên điểm ảnh nóng |  | Điểm nóng, vết nứt, mài mòn, bong tróc lớp, lỗi kết nối |
| [150] | Chụp ảnh nhiệt hồng ngoại IR | Một loạt các chuyến bay tại một địa điểm thử nghiệm  (ảnh từ UAV) | Thuật toán  template matching | Thuật toán  template matching | Độ chính xác: 81% | Điểm nóng, điốt bypass, tế bào bị hư hỏng cơ học, điểm tiếp xúc bị lỗi với độ chính xác trung bình là 85% |
| [151] | Camera phát ánh sáng (RGB) và chụp ảnh nhiệt hồng ngoại IR | 15 video được đánh nhãn thủ công cho các bất thường nhiệt cục bộ và tổng thể bằng ba độ phân giải của camera nhiệt (Ảnh từ UAV) | Tiền xử lý ảnh để loại bỏ nhiễu khỏi ảnh, xong ta sẽ thuật toán Canny để phát hiện các cạnh của tấm pin PV, từ đó tách dòng bằng phép biến đổi Hough, rồi phân đoạn và xử lý dòng, từ đó ta ứng dụng mô hình tấm pin. | Phát hiện điểm nóng cục bộ để phát hiện các bất thường nhiệt trong khu vực từng tấm pin quang điện, Phát hiện điểm nóng toàn cục, thuật toán theo dõi để xác định và theo dõi cùng một tấm pin qua các khung hình khác nhau khi UAV bay qua khu vực quang điện | Độ chính xác tổng thể: 83% | Độ chính xác điểm nóng cục bộ: 73% và Độ chính xác điểm nóng toàn cục: 85% |
| [152] | Chụp ảnh nhiệt hồng ngoại IR | 4,3 triệu ảnh hồng ngoại (IR) của 107.842 tấm pin quang điện  Phát hiện tấm pin: Huấn luyện 90%, Kiểm tra 10%  Phát hiện bất thường: Huấn luyện 70%, Kiểm tra 20%, Xác thực 10%  (ảnh từ UAV) | Phân đoạn tấm pin thông qua Mask R-CNN | Bộ phân loại ResNet-50 | Độ chính xác tổng thể: 90.01% | Độ chính xác:  Sự lành lặn của tấm pin: Tấm pin khỏe mạnh: 95.35 ± 0.21%  Gián đoạn kết nối-tấm pin: 98.83 ± 0.42%  Đoản mạch: 66.67 ± 47.14%  Gián đoạn kết nối-chuỗi: 100 ± 0%  Đoản mạch chuỗi: 83.80 ± 0.76%  Tấm pin bị suy giảm hiệu suất do hiệu ứng PID: 86.69 ± 1.75%  Nhiều tế bào nóng: 33.33 ± 23.57%  Tế bào nóng đơn lẻ: 57.41 ± 6.93%  Tế bào nóng: 80.39 ± 0.26%  Điốt quá nhiệt: 90.06 ± 0.55%  Điểm nóng: 7.07 ± 7.04% |
| [153] | Chụp ảnh điện quang EL | 148 ảnh tế bào quang điện cho mạng U-net  Huấn luyện: 108 (73%)  Kiểm tra: 30 (20%)  Xác thực: 10 (7%) |  | Bộ mã hóa VGG-16 để trích xuất đặc trưng, từ đó ta phân đoạn ngữ nghĩa bằng U-net để dự đoán sự hiện diện và loại lỗi. |  | Tỷ lệ thu hồi (Recall)  Vết nứt: 84%  Khu vực không hoạt động: 69%  Lỗi trong các đường dẫn của tấm pin: 53% |
| [108] | Chụp ảnh điện quang EL | 47 ảnh tấm pin PV: 7 tấm pin lành lặn hoàn toàn, 40 tấm pin có vết nứt với kích thước khác nhau |  | Phân đoạn vết nứt nâng cao (eCS) |  | Vết nứt từ 20 mm cho đến toàn bộ chiều dài của tấm pin với chỉ số AUC: 91.14% |
| [154] | Chụp ảnh RGB & chụp ảnh nhiệt hồng ngoại IR | Sử dung 2038 ảnh nhiệt (LWIR) để phát hiện điểm nóng:  Huấn luyện: 1426 (70%)  Kiểm tra: 306 (15%)  Xác thực: 306 (15%)  Sử dung 1500 ảnh kỹ thuật số phổ khả kiến độ phân giải thấp (VIS-LR):  Huấn luyện: 1050 (70%)  Kiểm tra: 225 (15%)  Xác thực: 225 (15%)  (Ảnh từ UAV) | Thuật toán Canny để phát hiện các cạnh của module PV, xong rồi ta tách dòng sử dụng biến đổi Hough, xoay ảnh để phát hiện tối ưu. | Thuật toán YOLOv3 | Độ chính xác: 98% | Độ chính xác:  điểm nóng: 80.30%  độ chính xác khi bị dính điểm nóng trên hộp đầu nối điện: 90.27%  độ chính xác khi bị dính vũng nước: 82.48%  độ chính xác khi bị dính phân chim: 81.97%  tấm pin bị nâng/kênh: 84.00%  bóc lớp: 93.61%  bị bám bẩn nặng: 73.75%  độ chính xác khi bị bám bẩn: 90.00% |
| [155] | Chụp ảnh RGB | 126 ảnh có nhiều lỗi trên tấm pin PV:  Huấn luyện 66.6%  Kiểm tra 33.3%  (Ảnh từ UAV) |  | Phát hiện bất thường bằng kỹ thuật phân đoạn ảnh Kirsch Operator, sử dụng CNN đã huấn luyện trích xuất các vector đặc trưng của bất thường, các vector bất thường kết quả được đưa vào một Multi Class-SVM để phân loại 5 bất thường cuối cùng. |  | Độ chính xác:  Bụi che phủ: 97.63%  Tách lớp đóng gói: 98.59%  Vỡ kính: 98.42%  Đường lưới bị ăn mòn: 95.84%  Vệt đường ốc sên: 95.03%  Ố vàng: 97.76% |
| [156] |  |  |  |  |  |  |