Project's Abstract:

أدى الاعتماد المتزايد على أنظمة الطاقة الشمسية إلى إبراز أهمية الحفاظ على نظافة الألواح الشمسية لضمان تحقيق أعلى كفاءة ممكنة في إنتاج الطاقة وتحسين أداء النظام. إذ يؤدي تراكم الغبار والأتربة والملوثات البيئية إلى انخفاض كفاءة الألواح الشمسية بشكل ملحوظ، مما يجعل عملية التنظيف الدورية ضرورة أساسية. إلا أن طرق التنظيف اليدوية تتطلب وقتًا وجهدًا كبيرين، إضافةً إلى استهلاك كميات من المياه والحاجة إلى تدخل بشري مستمر.

يقدم هذا المشروع **SolarX Robot**، وهو روبوت ذكي ذاتي التشغيل صُمم لأتمتة عملية تنظيف مصفوفات الألواح الشمسية. يستطيع الروبوت العمل في وضعين، هما الوضع اليدوي والوضع التلقائي، من خلال تطبيق للهواتف الذكية تم تطويره باستخدام **Flutter**. يعتمد النظام على مجموعة من المستشعرات، تشمل مستشعرات الأشعة تحت الحمراء (IR) لاكتشاف حواف الألواح، ومستشعرات الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic) لمراقبة مستوى المياه والكشف عن الألواح، بالإضافة إلى مستشعر **MPU6050** لمراقبة اتجاه الروبوت، ووحدة الساعة الحقيقية **DS3231** لجدولة عمليات التنظيف.

يعتمد الروبوت على محركات تيار مستمر (DC Motors) للحركة، وتدوير فرشاة التنظيف، ورفعها، كما يستخدم مضخة مياه للمساعدة في إزالة الغبار والأوساخ من سطح الألواح الشمسية. ويوفر متحكم **ESP32** الاتصال اللاسلكي بين الروبوت وتطبيق الهاتف المحمول، مما يتيح للمستخدم مراقبة عملية التنظيف، وجدولة مواعيد التشغيل، وتتبع الموقع الحالي للروبوت داخل مصفوفة الألواح الشمسية.

ولزيادة مرونة التشغيل، يقوم النظام بحفظ حالة التشغيل الحالية باستخدام ذاكرة **Arduino EEPROM**، مما يسمح للروبوت بإيقاف عملية التنظيف مؤقتًا ثم استئنافها لاحقًا من نفس النقطة دون الحاجة إلى إعادة بدء العملية من البداية.

أثبت النموذج الأولي المطور كفاءة في الحركة، ودقة في اكتشاف حواف الألواح، وفعالية في أداء عملية التنظيف، إضافةً إلى نجاحه في تنفيذ عمليات التنظيف الذاتية وفقًا للجداول الزمنية المحددة مسبقًا.

ويقدم **SolarX Robot** حلاً عمليًا منخفض التكلفة وفعالًا لصيانة وتنظيف الألواح الشمسية، حيث يساهم في تقليل الجهد البشري، وتحسين كفاءة عمليات الصيانة، وزيادة كفاءة أنظمة الطاقة الشمسية بشكل عام.