سیده مریم موسوی

دانشجوی کارشناسی، مهندسی طبیعت، دانشکده منابع‌طبیعی، دانشگاه تهران.

maryam.mousavi7@ut.ac.ir

ارزیابی تاثیر ریزگردها بر صفحات فتوولتائیک و روش‌های کنترل آن

چکیده

تامین انرژی یکی از مسائل مهمی است که انسان با آن مواجه است. امروزه تامین انرژی از منابع تجدید شونده به علت در دسترس بودن، پاک بودن، آلوده نکردن محیط‌زیست و... بسیار مورد توجه واقع شده است. انرژی خورشیدی یکی از انرژی‌های تجدیدپذیر است که نور خورشید توسط صفحات فتوولتائیک جذب شده و تبدیل به برق می‌شود. فتوولتائیک (Photovoltaics) یا به اختصار PV یکی از سامانه‌های تولید برق از انرژی خورشید می‌باشد. در این روش با بکارگیری سلول‌های خورشیدی، تولید مستقیم الکتریسیته از تابش خورشید امکان‌پذیر می‌شود .در اکثر منابع به کاربردها و ویژگی‌های مثبت آن پرداخته شده اما نکته حائز اهمیت این است که این صفحات علاوه‌بر کابردها نقص‌هایی هم دارند که در این مقاله به آن پرداخته خواهد شد. کشور ایران به دلیل داشتن اقلیم گرم و خشک از تابش کافی نور خورشید برخوردار است که بستر مناسبی برای استفاده از صفحات فتوولتائیک را فراهم کرده است، علاوه‌بر آن فرسایش بادی در ایران سابقه‌ی تاریخی دارد و صفحات فتوولتائیک چون اغلب در مناطق کویری و خشک نصب می‌شوند با یک سری چالش‌ها مواجه‌اند که یکی از آن‌ها نشست ریزگردها بر روی این صفحات است.

کلمات کلیدی:

انرژی خورشیدی، ریزگرد، صفحات فتوولتائیک، پاکسازی، اقلیم گرم و خشک.

مقدمه

ریزگردها اغلب در مناطق خشک و نیمه‌خشک، زمانی رخ می‌دهند که ذرات گردوغبار و دود در هوای خشک افزایش یابد. مناطق بیابانی به دلیل کمبود بارش و فقر پوشش‌گیاهی، مستعد ایجاد ریزگرد هستند. باتوجه به این که کشور ما دارای اقلیم گرم و خشک است و ۵۵ درصد از سطح آن را بیابان پوشانده است، بسیار مستعد بروز این پدیده است (۱).

ریزگردها ذرات بسیار کوچک و سبک با قطر کمتر از ۵ میکرون هستند که در اثر فرسایش توسط باد تا مسافت بسیار طولانی جابه‌جا شده و انتقال می‌یابند. ریزگرد بخشی از فرایند فرسایش بادی است که هنگام وزش باد ذره خاک باتوجه به خصوصیات خود شروع به حرکت می‌کند و به صورت غبار معلق می‌شود؛ سپس براساس اندازه پس از کاهش سرعت باد به صورت غبار ریز روی زمین می‌نشیند. هرجا که هوا جریان داشته باشد و خاک مستعد باشد بسته به قدرت جریان باد پدیده ریزگرد هم وجود دارد. یکی از آثار زیان‌بار ریزگردها نشست آن‌ها بر روی صفحات فتوولتائیک است که باعث کاهش تولید برق، کاهش ولتاژ، افت جریان، افت توان می‌شود و بازدهی سیستم را نیز پایین می‌آورد (۲).

برای بروز ریزگرد چند عامل باید وجود داشته باشد:

۱) انرژی باد لازم برای به حرکت درآوردن ذرات خاک.

۲) خاک با حساسیت زیاد به فرسایش بادی (طهماسبی بیرگانی، ۱۳۹۹).

۳) عوامل اقلیمی و جوی، کمبود بارش، دانه‌بندی خاک و میزان رطوبت خاک (۷).

مروری بر پیشینه تحقیق

در تحقیقی تأثیر تجمع ریزگرد بر عملکرد سامانه‌های فتوولتائیک در منطقهٔ خاورمیانه و شمال آفریقا با استفاده از مدل رگرسیونی چند متغیره بررسی شده است. محققان گزارش دادند که در طول ۱۹۲روز، کارایی پنل به‌طور متوسط ۸۶۸/۰٪ در روز کاهش یافته است که معادل ۲۸۲/۱۰ کیلووات ساعت در مترمربع تلفات انرژی بود (۸).

تأثیر کثیف بودن شیشه بر ضریب عبور نور آن توسط صایغ و همکاران در کشور کویت مورد بررسی قرار گرفته است. محققان پس از مقایسهٔ صفحه‌های شیشه‌ای تمیز و کثیف در زاویه‌های ۱۵، ۳۰، ۴۵ و ۶۰ درجه در بازه زمانی ۳۸ روز، کاهش ۱۷ تا ۶۴ درصدی ضریب عبور نور را گزارش دادند (۹).

در مطالعهٔ دیگر در مصر توسط حسن و همکاران، مشخص شد که نرخ افت تولید برق توسط پنل خورشیدی در اثر ریزگرد، در ۳۶ روز اول نصب پنل بیشتر بوده است. در تحقیق آن‌ها افت تولید انرژی پس از یک ماه برابر با ۵/۳۳٪ پس از شش ماه برابر با ۸/۶۵٪ گزارش شده است (۱۰).

سلیم و همکاران در پژوهشی به تحقیق بر روی یک سیستم فتوولتائیک برای بررسی تأثیر ریزگرد بر تولید میزان انرژی در بلندمدت در ریاض و عربستان‌سعودی پرداختند. آن‌ها در یک دوره زمانی ۸ ماهه، ۳۲٪ کاهش بازده را در تولید انرژی در زاویهٔ پنل گزارش دادند (۱۱).

در تحقیقی مشخص شد که مشخصه‌های نوری پنل از جمله انعکاس نور در اثر نشست ریزگرد بر سطح پنل و تشکیل لایه‌هایی با ضخامت متفاوت بر روی آن تغییر کرده و در نهایت توان خروجی آن کاهش یافته است (۱۲).

آلاینده‌های این صفحات علاوه‌بر ریزگرد دوده غبار املاحی مثل نمک و فضولات پرندگان را هم شامل می‌شود. در نتیجه باتوجه به مطالعات صورت گرفته به طور کلی می‌توان گفت رسوب و انباشتگی ریزگرد برروی سطح صفحات خورشیدی، دو

تاثیر منفی مهم بر عملکرد آن‌ها دارد که این اثرات عبارتند از:

۱. کاهش جذب انرژی خورشیدی ناشی از کاهش ضریب عبور انرژی از پوشش شیشه‌ای این صفحات.

۲. کاهش قابلیت متمرکز کردن (مثل آیینه‌ها و عدسی‌ها) در صفحات متمرکزکننده خورشیدی (۵).

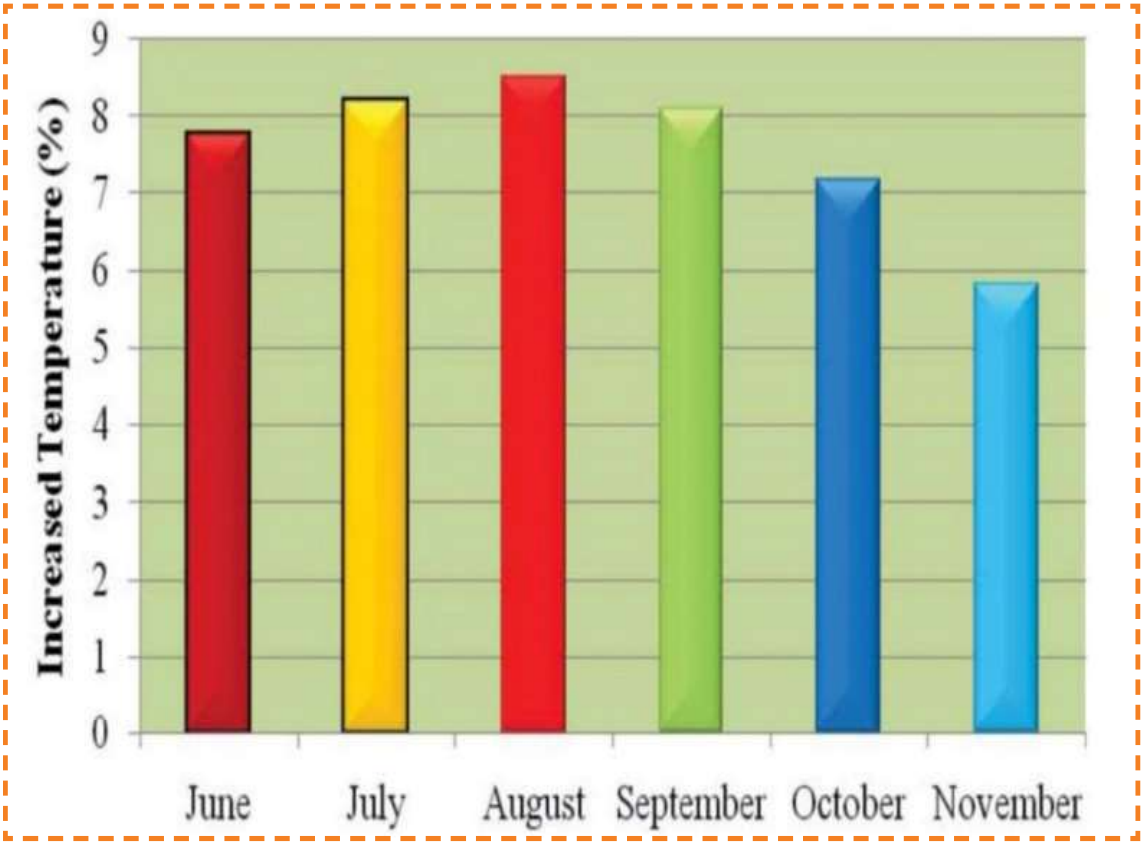
نشست این ذرات بر روی صفحات فتوولتائیک باعث می‌شود که به دو صورت نور خورشید به اندازه کافی جذب نشود:

۱. ذرات ریزگرد معلق در هوا که طول موج بیشتری نسبت به طول موج خورشید دارند باعث می‌شوند تابش ورودی کاهش پیدا کند در نتیجه توان خروجی هم کم می‌شود.

۲. این ذرات پس از نشست بر روی صفحات فتوولتائیک هم به نوعی باعث می‌شوند نور خورشید به طور کامل جذب نشود و یا این که باعث افزایش دمای سیستم می‌شود که در هر صورت منجر به کاهش کارایی خواهند شد.

تاثیر دما

در اکثر سلول‌های سیلیکونی توان خروجی حدود ٪۵/۰ به ازای هر درجه افزایش دما کاهش می‌یابد و در سلول‌های کریستال با راندمان بالا حدود ٪۳۵/۰ و در سلول‌های امورفوس این مقدار بین ٪۲/۰تا٪۳/۰ است (۴). تاثیر زاویه شیب بهینه برای کاهش اثر ریزگرد باید زاویه‌ی بهینه صفحات فتوولتائیک را پیدا کرد در هر منطقه با توجه به شرایط محیط زاویه



تصویر۱) افزایش دما سلول به علت نشست ریزگرد

تاثیر زاویه شیب بهینه

برای کاهش اثر ریزگرد باید زاویه‌ی بهینه صفحات فتوولتائیک را پیدا کرد در هر منطقه با توجه به شرایط محیط زاویه استقرار بهینه متفاوت است.

اثر ریزگرد بر ضریب عبور پوشش شیشه‌ای

ریزگردها روی صفحات قرار گرفته و مانع رسیدن نور به شیشه می‌شود و انرژی دریافتی به نوعی کاهش پیدا می‌کند، در نتیجه انرژی خروجی هم کم می‌شود.

تاثیر انباشتگی ریزگردها بر کارایی صفحات فتوولتائیک به عوامل و پارامترهای بسیار زیادی وابسته است که مهم‌ترین این عوامل عبارتند از:

۱) جنس و اندازه ذرات ریزگرد.

۲) جهت‌گیری سطح باتوجه به جهت وزش باد.

۳) سرعت باد.

۴) درصد رطوبت.

۵) تراکم ریزگرد برروی سطح (برحسب گرم بر مترمربع).

۶) زاویه شیب نصب جمع‌کننده نسبت به افق (۱۵).

۷) موقعیت جغرافیایی که بر میزان غلظت ریزگرد در هوا موثر است.

۸) تغییر فصل‌ها.

۹) دما.

۱۰) خصوصیات سطح صفحات

۱۱) ثابت بودن و یا متحرک بودن صفحات (صفحات متحرک دارای سیستم ردیاب خورشید می‌باشند) (۱۶).

نشست ریزگردها باعث افت ولتاژ، افت جریان و افت توان خروجی، در نهایت کاهش کارایی سیستم خورشیدی می‌شود. که باید از روش‌هایی جهت کاهش این اثرات استفاده نمود. روش‌های مختلفی تاکنون ارائه شده است که باید باتوجه به اقلیم منطقه و شرایط محیطی بهترین روش مناسب منطقه خود را اتخاذ نمائیم. یکی از راهکارهای اولیه جهت کاهش ریزگردها شناسایی کانون‌های آن و تلاش جهت تثبیت آن‌هاست.

طرح تثبیت کانون‌های ریزگرد:

۱) مالچ‌پاشی.

۲) احداث بادشکن.

۳) احیاء بیولوژیکی.

۴) بذرپاشی.

۵) نهال‌کاری و بوته‌کاری.

۶) احداث بند (۳).

یکی‌دیگر از روش‌های کاهش اثرات منفی ریزگرد بر روی صفحات فتوولتائیک پاک‌سازی آن‌ها است.

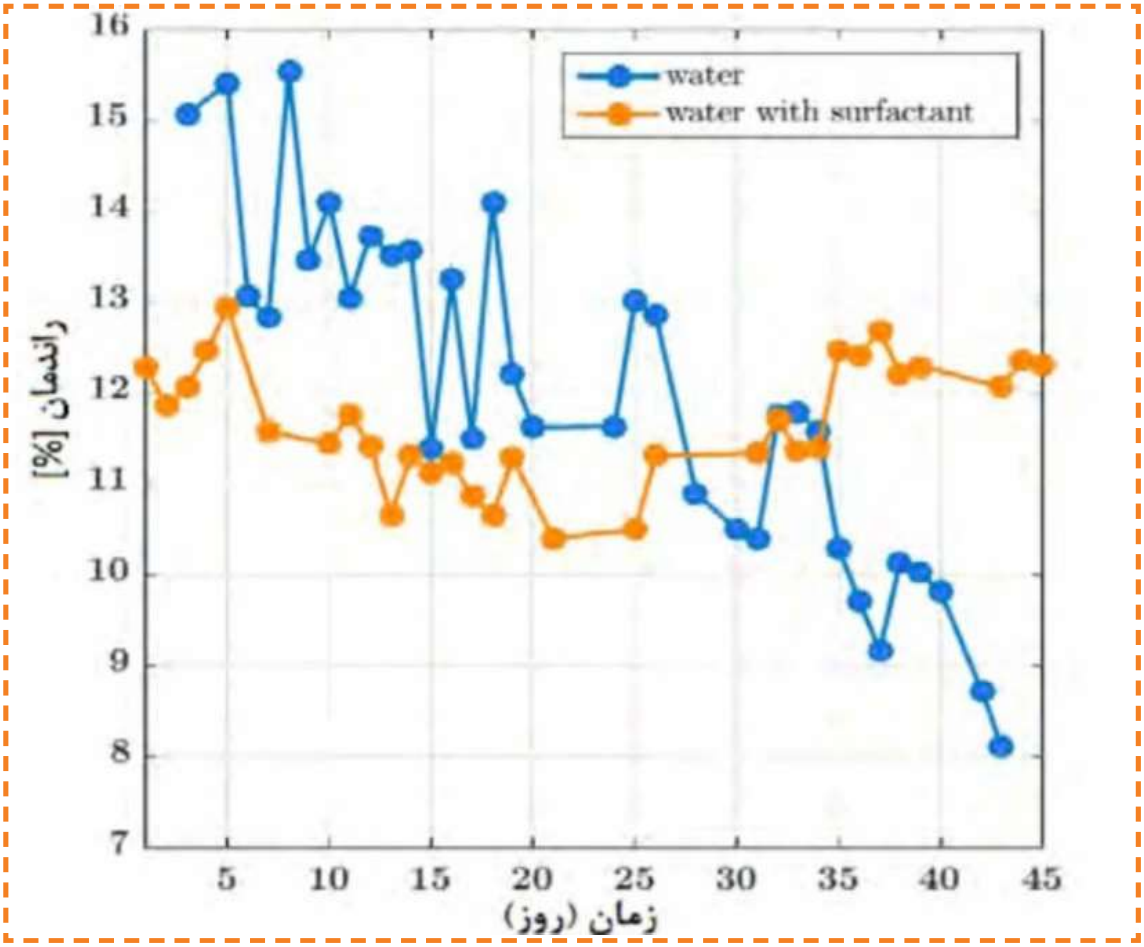
فرآیندهای پاکسازی

فرایند طبیعی

بارندگی، باد و گرانش از جمله فرایندهای طبیعی پاکسازی صفحات فتوولتائیک هستند. در اقلیم‌های مرطوب بارندگی یکی از روش‌های پاک‌سازی به شمار می‌رود اما در این مناطق بارش باعث می‌شود که ذرات خاک روی صفحات با آب ترکیب شود و گِل تشکیل شود، تابش آفتاب باعث خشک‌شدن گِل می‌شود که پاک کردن آن از روی صفحات سخت‌تر است. البته بارش باعث می‌شود املاح با آب واکنش شیمیایی دهند و یا تشکیل رسوب دهند. در مناطقی که میزان بارندگی خیلی کم است کارآمدی این روش کاهش پیدا می‌کند.

پاکسازی دستی

در این روش به نیروی انسانی نیاز است که به صورت دستی هرچند وقت یک‌بار و علل‌الخصوص در زمان وقوع پدیده ریزگرد جهت پاکسازی این صفحات اقدام کند.



شکل۲) راندمان سیستم PV بعد از ۴۵ روز پاکسازی با استفاده از آب بدون فشار

استفاده از روش بخارشویی

یکی دیگر از روش‌های پاکسازی بخارشویی است که با استفاده ار دما و فشار بخار آب آلودگی‌های سنگین هم از بین می‌روند.

استفاده از دستگاه‌های تمیزکننده خودکار

این روش پاک‌سازی نیز به محل و شهری که قرار است سیستم در آن نصب شود، بستگی دارد. دستگاه‌های خودکار پاکسازی یکی از راهکارهای نوین جهت افزایش بازده صفحات فتوولتائیک است. این صفحات با تکنیک‌های مختلفی سطح صفحات را بررسی می‌کنند و ریزگردها و باقی آلودگی‌ها را از بین می‌برند. این دستگاه‌ها دارای زمان‌بندی خودکار هستند و به صورت دوره‌ای سطح صفحات را تمیز می‌کنند. مشاهده شده است که پوشش‌های پلاستیکی نسبت به پوشش‌های شیشه‌ای، ریزگرد بیشتری جذب می‌کنند که ناشی از مشخصات الکترواستاتیکی پوشش‌های پلاستیکی می‌باشد. اما این نکته نیز حائز اهمیت است که هزینه نصب و نگهداری این دستگاه از روش‌های دیگر بیشتر است (۱۷).

یکی از راه‌های کاهش اثر ریزگردها، استفاده از نانو پوشش‌هاست؛ بنابراین می‌توان از این طریق در حفظ عملکرد این سیستم‌های خورشیدی گام برداشت.

شکل۳) خروجی انرژی روزانه برای PV های با پوشش خودتمیزشونده

استفاده از روش مناسب بسته به هر منطقه، شهر یا روستا متفاوت است و به نوع پوشش‌گیاهی، بافت خاک، سرعت باد و... بستگی دارد. شناخت کافی از منطقه می‌تواند در پیش‌بینی و اتخاذ تصمیم منطقی کمک بسیاری کند.

باتوجه به اینکه این صفحات اغلب در مناطق خشک و کویری نصب می‌شوند، دسترسی به آب کافی ندارند بنابراین مسئله تامین آب مورد نیاز برای پاکسازی هم خود نوعی چالش است و می‌تواند زمینه پژوهش‌های آینده باشد.

استفاده از روش مناسب بسته به هر منطقه، شهر یا روستا متفاوت است و به نوع پوشش‌گیاهی، بافت خاک، سرعت باد و... بستگی دارد. شناخت کافی از منطقه می‌تواند در پیش‌بینی و اتخاذ تصمیم منطقی کمک بسیاری کند. باتوجه به اینکه این صفحات اغلب در مناطق خشک و کویری نصب می‌شوند، دسترسی به آب کافی ندارند بنابراین مسئله تامین آب مورد نیاز برای پاکسازی هم خود نوعی چالش است و می‌تواند زمینه پژوهش‌های آینده باشد.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، به بررسی اثرات مخرب ریزگردها بر صفحات فتوولتائیک و راهکارهای مقابله با آن‌ها پرداخته شد. مطالعات نشان داده است که ریزگردها می‌توانند با ایجاد سایه و انسداد نور خورشید، جذب انرژی را در صفحات فتوولتائیک به طور قابل توجهی کاهش دهند. این امر منجر به افت ولتاژ، جریان و توان خروجی سیستم و در نهایت کاهش کارایی و راندمان آن می‌شود. عوامل متعددی بر میزان تاثیر ریزگردها بر صفحات فتوولتائیک موثر هستند، از جمله جنس و اندازه ذرات ریزگرد، جهت وزش باد، سرعت باد، رطوبت، تراکم ریزگرد، زاویه شیب صفحات، موقعیت جغرافیایی، دما و... . راهکارهای مختلفی برای مقابله با اثرات منفی ریزگردها بر صفحات فتوولتائیک وجود دارد، از جمله:

تثبیت کانون‌های ریزگرد: با استفاده از روش‌هایی مانند مالچ‌پاشی، احداث بادشکن، احیای بیولوژیکی و نهال‌کاری می‌توان از انتشار ریزگردها جلوگیری کرد.

پاکسازی صفحات: روش‌های مختلفی برای پاکسازی صفحات فتوولتائیک از جمله بارندگی، پاکسازی دستی، بخارشویی و استفاده از دستگاه‌های تمیزکننده خودکار وجود دارد.

استفاده از نانو پوشش‌ها: نانو پوشش‌ها می‌توانند به صفحات فتوولتائیک کمک کنند تا در برابر ریزگردها مقاوم‌تر باشند.

انتخاب روش مناسب برای مقابله با ریزگردها به عوامل مختلفی از جمله شرایط محیطی، نوع صفحات فتوولتائیک و هزینه‌ها بستگی دارد. باتوجه به اهمیت موضوع و ضرورت حفظ کارایی و راندمان صفحات فتوولتائیک در مناطق خشک و کویری، انجام تحقیقات بیشتر در زمینه یافتن راهکارهای نوین و موثر برای مقابله با ریزگردها ضروری است.

منابع

۱. مرادی، غ. دهقان بنادکوکی، ف. (۱۳۹۸). اثرات اقتصادی ریزگردها و اختلال رسانی ناشی از آن بر شبکه‌های برق و آب. کنفرانس بین المللی گرد و غبار در جنوب غرب آسیا، زابل.

۲. رحمانی، ا.، طهماسبی بیرگانی، ع.، خسروشاهی، م.، عباسی، ح. (۱۳۹۹). تاریخچه گرد و غبار (ریزگرد) روند و پیامدهای آن در جهان و ایران. طبیعت ایران، ۵(۶)، ۸۳-۶۹.

۳. معماریان فرد، م.، مختاری، ح.، کهزادییگی، ب.، ذوالفقاری، ح. (۱۳۹۴). بررسی ریزگردها و گرد و غبار، اثرات و روش‌های مهار آن، سومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران.

۴. رجایی، م.، چلاسی، کردستان. (۱۴۰۰). بررسی تجربی اثر دما و زدایش گردو غبار و شن بر ماژول‌های فتوولتائیک. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۳(۱۱)، ۱۴۹-۱۳۵.

۵. محمدی زاده، م. (۱۳۹۶). رفع اثر مخرب گرد و غبار از روی سلول‌های فوتوولتاییک در نیروگاه‌های خورشیدی نصب شده در شهرها و روستاهای بیابانی، اولین کنگره بین المللی پژوهشهای علوم میان رشته ای در شهرسازی و معماری، تبریز.

۶. غلامی، ا.، اسلامی، ش.، تاجیک، آ.، عامری، م.، گوگسازقوچانی، ر.، زندی، م. (۱۳۹۸). مروری بر اثر گرد و غبار بر عملکرد پنل‌های فتوولتاییک. کیفیت و بهره وری در صنعت برق ایران، ۸(۱ (پیاپی۱۵))، ۱۰۲-۹۳.

7. www.iceh2013.ir/?p=46.

8. Hammad، B.، Al-Abed، M.، Al-Ghandoor، A.، AlSardeah، A. and Al-Bashir، A.، "Modeling and analysis of dust and temperature effects on photovoltaic systems' performance and optimal cleaning frequency: Jordan case study"، Renewable and Sustainable Energy Reviews، Vol. 82، pp. 2218-2234، 2018.

9. Sayigh، A.A.M.، Al-Jandal، S. and Ahmed، H.، "Dust effect on solar flat surfaces devices in Kuwait"، Proceedings of the Workshop on the Physics of NonConventional Energy Sources and Materials Science for Energy، 2-20 September، Miramare-Trieste، Italy، 1985

10. Hassan، A.H.، Rahoma، U.A.، Elminir، H.K. and Fathy، A.M.، "Effect of airborne dust concentration on the performance of PV modules"، Journal of the Astronomical Society of Egypt، Vol. 13، No. 1، pp. 24- 38، 2005.

11. Salim، A.، Huraib F.، Eugenio، N.، PV power، study of system options and optimization. 8th European PV Solar Energy Conference. 5-9 August، Florence، Italy، 1988.

12. Moutinho، H.R.، Jiang، C.S.، To، B.، Perkins، C.، Muller، M.، Al-Jassim، M.M. and Simpson، L.، "Adhesion mechanisms on solar glass: Effects of relative humidity، surface roughness، and particle shape and size"، Solar Energy Materials and Solar Cells، Vol. 172، pp. 145-153، 2017.

13. Azizi، A.H.، Rashidi، M.J. and Seyedi، M.، "Evaluation of the effect of dust on the performance of photovoltaic power plant modules، case study: Ilam city"، 2nd International Conference on Dust، 25-27 April، Ilam، Iran، 2018.

14. Gholami، A.، Eslami، S.، Tajik، A.، Ameri، M.، Gavagsaz Ghoachani، R. and Zandi، M.، "A review of the effect of dust on the performance of photovoltaic panels"، Iranian Electric Industry Journal of Quality and Productivity، Vol. 8، No. 1، pp. 93-10، 2019

15. Jiang، H.، Lu، L.، and Sun، K. (2011). Experimental investigation of the impact of airborne dust deposition on the performance of solar photovoltaic (PV) modules. Atmospheric Environment، 45(25):4299-4304.

16. Kaldellis، J.، Fragos، P.، and Kapsali، M. (2011). Systematic experimental study of the pollution deposition impact on the energy yield of photovoltaic installations. Renewable Energy، 36(10):2717-2724

17. smart solar panel cleaning system using lo T،International journal of advanced 2019