

## نگرشی بر نکات فنی و ترویجی بهره‌برداری از انرژی خورشیدی در ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی

افشین یوسف گمرکچی



عضو هیات علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران.

\*Email: a.gomrokchi@areeo.ac.ir

### چکیده

بخش کشاورزی از مصرف‌کننده‌های عمده انرژی کشور است به‌ویژه این‌که سیاست دولت طی چند دهه اخیر توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار بوده است و تامین انرژی پایدار و قابل اطمینان این سامانه‌ها از منظر حفظ تولید و پایداری امنیت غذایی کشور حائز اهمیت زیادی است. اگر چه انرژی‌های تجدیدپذیر در مقابل انرژی‌های تجدیدناپذیر در بخش کشاورزی کشور سهم ناچیزی دارد، اما با گذشت زمان و عدم اعمال سرمایه‌گذاری و تهیه زیرساخت‌های لازم و بروز برخی مشکلات شدید در قطع برق چاه‌های آب کشاورزی طی چند سال اخیر، میزان توجه به سامانه‌های فتوولتائیک در بخش کشاورزی کشور روند رو به رشدی را نشان می‌دهد. از سویی دیگر درحالی‌که تلاش برای معرفی یک فناوری و یا ایده جدید به جامعه کشاورزی انجام می‌شود، این مساله می‌بایست مورد توجه قرار گیرد که چگونه این فناوری و مفهوم جدید به‌وسیله اکثریت جامعه به‌منظور به دست آوردن حداکثر مزیت از فناوری جدید، مورد پذیرش قرار گیرد. عمده مطالعات انجام شده در حوزه سامانه‌های فتوولتائیک در زمینه شناخت ظرفیت‌ها، عوامل توسعه، تحلیل موانع مرتبط با سامانه‌های فتوولتائیک در بخش کشاورزی متمرکز بوده است. اما لازم است بهره‌برداران بخش کشاورزی اطلاعات ترویجی در خصوص پتانسیل‌ها و نکات فنی - اجرایی کاربرد این سامانه‌ها را جهت بهره‌برداری در ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی، داشته باشند. این مطالعه با هدف، ارائه اطلاعات کاربردی در زمینه پتانسیل‌ها و نکات ترویجی مرتبط با بهره‌برداری سامانه‌های فتوولتائیک در تامین برق ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی انجام شده است.

واژه های کلیدی: آبیاری، پمپاژ آب، سامانه فتوولتائیک، کشاورزی.

## بیان مسئله

یکی از عوامل بازدارنده در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی، عدم سیاست‌گذاری و فقدان سیاست‌های قانونی در زمینه حمایت دولت از توسعه این انرژی‌ها بوده است (۴). از سوی دیگر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نیازمند فناوری و نوآوری است، فقدان تجهیزات فنی و متخصصین در این زمینه مخصوصاً در بخش کشاورزی یکی دیگر از موانع عدم توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی است (۷). کشاورزان می‌بایست از حضور لازم، کافی و بموقع تجهیزات و کارشناسان مربوطه اطمینان حاصل نمایند تا بتوانند با آسودگی کامل راجع به برآورده شدن خواسته‌های خود از انرژی‌های نو، به آن سمت حرکت نمایند. از نظر بهره‌برداران بخش کشاورزی، فقدان دانش عمومی، هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری و فقدان آگاهی راجع به مزایای انرژی تجدیدپذیر از جمله عوامل عدم توسعه و کاربرد وسیع انرژی تجدیدپذیر در بخش کشاورزی است (۸).

سامانه‌های فتوولتائیک انرژی خورشیدی را استحصال و ذخیره کرده و امکان استفاده از آن را فراهم می‌کنند. این سامانه‌ها یکی از پرکاربردترین سیستم‌های تولید انرژی الکتریکی از نور خورشید می‌باشند و می‌توانند در اکثر مناطق ایران برای تولید انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار گیرد. در چند دهه اخیر، با افزایش کاربرد پمپ‌ها به‌ویژه با توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار در بخش کشاورزی، مدیریت مصرف انرژی و استفاده از قابلیت‌های انرژی خورشیدی بیش از پیش، اهمیت یافته است (۲). توسعه فناوری فتوولتائیک، آن را به راه‌حلی جذاب برای تأمین توان مورد نیاز پمپ‌های آبیاری، به‌ویژه در مناطقی که دارای تابش خورشیدی فراوان است، تبدیل کرده است. با استفاده از سامانه فتوولتائیک می‌توان پمپ‌های آب کشاورزی را راه‌اندازی و آب مورد نیاز برای زمین‌های کشاورزی را تأمین کرد (۱). اما لازم است بهره‌برداران بخش کشاورزی اطلاعات ترویجی در خصوص پتانسیل‌ها و نکات فنی - اجرایی کاربرد این سامانه‌ها در بهره‌برداری ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی را داشته باشند. هدف مقاله حاضر، ارائه اطلاعات کاربردی در زمینه پتانسیل‌ها و نکات فنی و ترویجی مرتبط با بهره‌برداری از این سامانه‌ها در تأمین برق ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی است.

## معرفی دستاورد

### قابلیت‌های سامانه فتوولتائیک در ایستگاه‌های پمپاژ آب

هرچند مزایای متعددی در استفاده از سامانه فتوولتائیک وجود دارد لیکن به دلیل محدودیت تولید انرژی این نوع سامانه‌ها از یک سو و از سوی دیگر عمیق بودن اغلب چاه‌های آب کشاورزی، امکان استفاده وسیع از قابلیت‌های سامانه‌های مذکور در ایستگاه‌های پمپاژ آب وجود ندارد. به‌طورکلی، استفاده از سامانه‌های فتوولتائیک برای راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی در موارد ذیل قابل توصیه و کاربرد است:

۱- کاربرد سامانه‌های فتوولتائیک در روش آبیاری کم‌فشار برای پمپاژ آب از استخرهای ذخیره: سامانه لوله‌های کم فشار عبارت است از مجموعه‌ای از مجاری لوله‌ای با جانمایی حلقوی یا شاخه‌ای که از کانال، مخزن آب یا ایستگاه پمپاژ تغذیه شده و نقش انتقال و توزیع آب با فشار کم تا آب‌گیر قطعات زراعی را به عهده دارد. سامانه لوله‌های کم‌فشار عموماً جایگزین کانال‌های آبرسان مزارع (کانال‌های درجه ۳) برای توزیع آب در نهرچه‌های آبیاری مزارع (کانال‌های درجه ۴) می‌شود (۳). لذا در برخی موارد به منظور ارتقاء راندمان روش آبیاری سطحی، بکارگیری روش آبیاری کم فشار به دلیل هزینه کم‌تر نسبت به روش آبیاری تحت فشار (بارانی و قطره‌ای)، گزینه بهتری محسوب می‌شود که به سرمایه‌گذاری کم‌تر

نیاز دارد. با توجه به فشار کارکرد پائین سامانه‌های آبیاری کم‌فشار (در صورت نیاز به استفاده از پمپ)، می‌توان از سامانه‌های فتوولتاییک برای پمپاژ آب از استخرهای ذخیره آب کشاورزی استفاده کرد. نکته حائز اهمیت آن است که میزان دبی پمپاژ به‌عنوان یک محدودیت در توصیه و یا عدم توصیه سامانه‌های فتوولتاییک خواهد بود. به‌نحوی که در دبی‌های بالای پمپاژ، بکارگیری سامانه‌های فتوولتاییک با محدودیت فنی همراه خواهد بود.

۲- در مناطق دور افتاده و کوهستانی که قابلیت اتصال به شبکه برق سراسری را نداشته و یا اتصال به شبکه توجیه اقتصادی نداشته باشد، به‌کارگیری سامانه فتوولتاییک برای پمپاژ آب کشاورزی امکان‌پذیر است (شکل ۱).



شکل ۱- نمونه‌ای از به‌کارگیری سامانه فتوولتاییک برای پمپاژ آب در استان قم

۳- استفاده از قابلیت سامانه فتوولتاییک برای آبیاری باغ‌های وسیع: با توجه به قطعی برق چاه‌های آب کشاورزی و ناترازی انرژی در سال‌های اخیر، یکی از راهکارهای تأمین برق کمکی ایستگاه‌های پمپاژ استفاده از سامانه فتوولتاییک متصل به شبکه است که این سامانه برای تأمین انرژی ایستگاه پمپاژ در مزارع و باغات استفاده می‌شود. با توجه به محدودیت‌های فنی سامانه‌های فتوولتاییک در تولید انرژی، تجربه کشورهای پیشرو نشان می‌دهد که دو عامل نوع محصول (بیش‌تر در باغ‌های زیتون، انگور و مرکباتی با نیاز آبی کم) و اقلیم منطقه (مناطق با اقلیم مدیترانه‌ای)، برای راه‌اندازی موفق ایستگاه‌های پمپاژ آب در باغ‌های وسیع، تأثیرگذار بوده است. هرچند مسئله اصلی در بکارگیری سامانه‌های فتوولتاییک در آبیاری باغات و مزارع، پمپاژ آب از چاه‌های عمده‌تأ عمیق به سطح است. بنابراین عمق سطح ایستابی آب و دبی آب پمپاژ شده در برخی موارد محدودیت جدی در توجیه اقتصادی استفاده از سامانه‌های فتوولتاییک می‌باشد.

۴- برای اجرای آبیاری تکمیلی در باغ‌های احداث شده در اراضی شیب‌دار: از نظر فنی، استفاده از پمپ‌های فتوولتاییک برای اجرای عملیات آبیاری تکمیلی در باغ‌های دیم در اراضی شیب‌دار، قابلیت کاربرد دارد.

۵- استفاده از سامانه‌های فتوولتاییک با هدف احداث مزرعه گیاهان دارویی: در حال حاضر، کاشت مکانیزه بیش‌تر گیاهان دارویی در مزرعه‌هایی صورت می‌گیرد که می‌توانند با سامانه‌های فتوولتاییک آبیاری شوند. در مقایسه با گیاهان زراعی صنعتی، گیاهانی هم‌چون گل‌محمدی، آویشن، آلوئه‌ورا و... به‌صورت دیم در طبیعت پرورش می‌یابند و سازگاری بیش‌تری در شرایط تولید صنعتی با محدودیت‌های سامانه‌های آبیاری متصل به سامانه فتوولتاییک (محدودیت زمان آبیاری و حجم آب آبیاری) دارند. از این‌رو، با طراحی صحیح و در نظر گرفتن شرایط حداقل تولید برق از سامانه در طول سال و در نظر گرفتن زمان نیاز به برق و پمپاژ برای آبیاری محصول، سامانه فتوولتاییک را می‌توان به کار گرفت.

۶- استفاده از قابلیت‌های سامانه فتوولتاییک برای راه‌اندازی ایستگاه پمپاژ در گلخانه‌ها: با توجه به سطح محدود گلخانه‌ها در مقایسه با کاشت در فضای باز و کاهش میزان آب مصرفی در کاشت‌های گلخانه‌ای، سامانه‌های فتوولتاییک

پتانسیل بالایی برای راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ در گلخانه‌ها دارند. نکته حائز اهمیت آن است که در اکثر گلخانه‌ها علاوه بر پمپاژ آب، برای سیستم گرمایش و سرمایش گلخانه احتیاج به انرژی زیادی است که با توجه به توان مصرفی بالای این نوع تجهیزات سرمایشی و گرمایشی، استفاده از سامانه‌های فتوولتائیک برای این نوع تجهیزات مقرون به صرفه نمی‌باشد.

**۷- کاربرد سامانه‌های فتوولتائیک برای پوشش سطح استخرهای ذخیره آب کشاورزی و تولید انرژی برای ایستگاه‌های پمپاژ آب:** با توجه به میزان بالای تبخیر آب از سطح استخرهای آب کشاورزی، یک راه‌کار منطقی، استفاده از قابلیت پوششی پنل، برای کاهش تبخیر از سطح آزاد آب است (شکل ۲). این نوع از سامانه‌های فتوولتائیک در سطح آب شناور است و با دو هدف کاهش تبخیر از سطح آب و تولید انرژی الکتریکی، به کار گرفته شده‌اند.



شکل ۲- کاربرد سامانه فتوولتائیک برای پوشش سطح استخر ذخیره آب کشاورزی و تولید انرژی

#### - نکات ترویجی در نصب و بهره‌برداری سامانه‌های فتوولتائیک

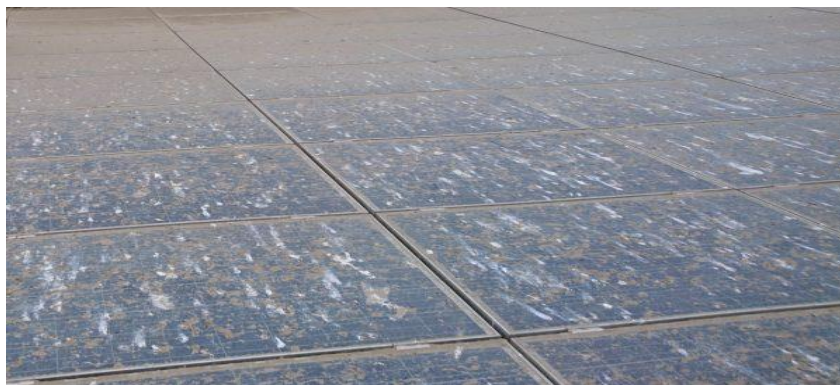
به طور کلی احداث یک نیروگاه خورشیدی در درجه اول نیازمند بررسی مسائل اقتصادی و بازگشت سرمایه با توجه به نوع کشت در سطح مزرعه و در مراحل بعد بر برنامه‌ریزی و محاسبات دقیق در خصوص موقعیت جغرافیایی، شدت نور خورشید، نحوه نصب پنل‌های خورشیدی (جهت و زاویه نصب پنل خورشیدی)، راندمان پنل، ارزیابی مکان و شرایط آب و هوایی، انتخاب صحیح تجهیزات و آشنایی با اصول نگهداری و تعمیرات نیروگاه خورشیدی است. یکی از ملاک‌هایی که بهره‌برداران قبل از احداث سامانه فتوولتائیک باید در نظر داشته باشند، مساحت زمین مورد نیاز جهت احداث سامانه است. با توجه به آن‌که بازده سامانه‌های فتوولتائیک به عوامل متعددی وابسته است. به تبع آن مساحت مورد نیاز برای احداث سامانه فتوولتائیک (با یک توان خروجی مشخص)، بسیار متغیر خواهد بود. برآورد اولیه مساحت مورد نیاز جهت احداث سامانه فتوولتائیک بر روی زمین، در جدول ۱ نشان داده شده است (۹).

جدول ۱- مساحت زمین مورد نیاز جهت راه‌اندازی سامانه فتوولتائیک بر روی زمین

| ظرفیت<br>(کیلووات) | حداکثر زمین مورد نیاز<br>(مترمربع) |
|--------------------|------------------------------------|
| ۱                  | ۱۰ تا ۱۲ مترمربع                   |
| ۵                  | ۵۰ تا ۶۰ مترمربع                   |
| ۱۰                 | ۱۰۰ تا ۱۲۰ مترمربع                 |
| ۱۵                 | ۱۶۰ تا ۱۸۰ مترمربع                 |
| ۲۰                 | ۲۰۰ تا ۲۵۰ مترمربع                 |
| ۵۰                 | ۳۲۰ تا ۴۰۰ مترمربع                 |
| ۱۰۰                | ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ مترمربع               |

هم‌چنین از عوامل کلیدی دیگر در ارزیابی مکان نیروگاه، دسترسی به زیرساخت‌های مورد نیاز مانند شبکه برق، جاده‌ها، آب و امکانات ارتباطی است. نزدیکی به شبکه برق برای کاهش هزینه‌های اتصال به شبکه بسیار مهم است. هم‌چنین، دسترسی آسان به جاده‌ها برای حمل و نقل تجهیزات و انجام تعمیرات ضروری است. اما برای طراحی سامانه فتوولتائیک با هدف پمپاژ آب کشاورزی علاوه بر موارد مذکور، مطالعات دقیقی برای تعیین ضرایب گیاهی، ضریب رشد، نوع خاک و محصولات با بازدهی بالاتر (با توجه به اقلیم منطقه)، برنامه‌ریزی آبیاری، میزان انرژی مورد نیاز و برآورد تولید انرژی استحصال شده و هم‌چنین جزئیات طراحی سامانه فتوولتائیک نیاز است (۲). به عبارتی طراحی سامانه‌های فتوولتائیک پمپاژ آب به شدت به برآورد نیاز آبی گیاه وابسته است و از آن‌جا که نیاز آبی در طول فصل آبیاری متفاوت و تابش خورشیدی با زمان تغییر می‌کند، انجام شبیه‌سازی‌های دقیق به منظور دستیابی به طراحی موفق و مطلوب، با اهمیت است (۶). به علت هزینه بالای این سیستم‌های فتوولتائیک باید پیش از راه‌اندازی آن، نکات فنی خاص مرتبط با این سامانه‌ها، به دلیل نصب این نوع سامانه‌ها در محیط مزرعه و شرایط خاص مرتبط با آن، از جنبه‌های مختلف بررسی شود.

۱- با توجه به آن‌که پنل‌های خورشیدی در مجاورت مزرعه نصب می‌شوند به‌همین دلیل در مقایسه با پنل‌های خورشیدی که بر روی سوله، سقف خانه و ... بیش از پیش در معرض خطر گرد و غبار و انباشت آن بر روی پنل‌ها می‌باشند. لذا هرگونه فعالیت کشاورزی اعم از شخم زدن، دیسک، تسطیح زمین، عبور ماشین آلات کشاورزی، عملیات جمع‌آوری محصول و ... می‌تواند منجر به ایجاد گرد و غبار و انباشت حجم زیاد آن بر روی پنل‌های خورشیدی شود. بنابر این می‌بایست پنل‌ها به‌گونه‌ای نصب شوند که امکان تمیز کردن قسمت بالا و پائین پنل و هم‌چنین دسترسی به جعبه اتصالات، با کم‌ترین خطر و هزینه، برای کشاورز وجود داشته باشد. در شکل ۳ نمونه‌ای از تجمع گرد و غبار روی پنل‌های خورشیدی پس از بهره‌برداری سامانه فتوولتائیک، نشان داده شده است.



شکل ۳- نمونه‌ای از تجمع گرد و غبار و آلودگی روی سطح پنل‌های خورشیدی

هم‌چنین با توجه به آن‌که پنل‌ها بر روی زمین بدون پوشش محافظ (همانند آسفالت و ...) احداث می‌گردند حداقل ارتفاع سازه و فاصله لبه پائینی پنل‌ها از زمین باید به‌گونه‌ای طراحی شود که گل و لای ناشی از پاشش باران بر پنل‌ها ننشینند و امکان تمیز کردن و شستشوی سطح پنل فراهم باشد. با توجه به آن‌که سامانه‌های فتوولتائیک به کار رفته برای راه‌اندازی ایستگاه‌های پمپاژ آب کشاورزی روی زمین مستقر می‌شوند، لذا در صورت عدم رعایت حداقل ارتفاع سازه و فاصله لبه پائینی پنل‌ها از زمین، بازده سامانه به دلیل انباشت گل و لای، کاهش چشم‌گیری خواهد یافت؛ بنابراین، پنل‌ها باید حداقل ۳۰ سانتی‌متر با زمین فاصله داشته باشد تا از کثیف شدن قسمت‌های نزدیک به زمین جلوگیری شود و جریان هوا در زیر پنل‌ها برقرار شود.

۲- با توجه به آن‌که پنل‌ها در محیط باز مزرعه نصب می‌شوند طراحی سازه باید به‌گونه‌ای باشد که خطرات مرتبط با طوفان و بادهای شدید به‌طور کامل قبل از نصب سازه بررسی و تحلیل شود. هم‌چنین مشکلات ناشی از بارش تگرگ و تمهیدات مرتبط با آن (به‌کارگیری سایبان محافظ و یا سایر تجهیزات محافظتی) باید مورد بررسی قرار گیرد تا پنل‌های خورشیدی آسیب نبینند. از سوی دیگر طراحان و بهره‌برداران می‌بایست آگاهی کامل از شرایط اقلیمی منطقه داشته باشند و مقدار بار برف روی سازه، بررسی شود تا منجر به خسارت سنگین به سازه سامانه فتوولتائیک نشود.

۳- با توجه به نصب پنل‌های خورشیدی در محیط مزرعه، مراقبت از خطر پرندگان و جوندگان از نکات اصلی بهره‌برداری سامانه‌های فتوولتائیک در بخش کشاورزی است. به‌همین دلیل در صورت وجود آشیانه پرندگان و یا لانه جوندگان در محدوده پنل‌ها، می‌بایست از وسایل حفاظتی استفاده شود. در شکل ۴ نمونه‌ای از اثر فضولات پرندگان بر روی پنل‌های خورشیدی نشان داده شده است.



شکل ۴- نمونه‌ای از اثر فضولات پرندگان بر روی پنل‌های خورشیدی

هم‌چنین، در صورت وجود لانه جوندگان در محدوده نصب سامانه، باید تمهیداتی برای حفاظت کابل‌ها و اتصالات پنل‌های خورشیدی در نظر گرفته شود.

۴- آگاهی از محدودیت کیفی منابع آب در مزرعه: بهترین روش برای شستشوی دستی پنل‌ها، استفاده از آب نیمه‌گرم و مایع ظرفشویی است (۹). اما با توجه به آن‌که سامانه‌های فتوولتائیک برای پمپاژ آب کشاورزی در محل مزرعه نصب می‌شوند، دسترسی به آب نیمه‌گرم و یا مواد شوینده خاص ممکن است برای بهره‌بردار میسر نباشد. از سوی دیگر برخلاف پنل‌هایی که در محیط‌های شهری و یا صنعتی نصب می‌گردند، امکان شستشوی پنل با آب با کیفیت بالا و دارای کم‌ترین املاح، ممکن است برای بهره‌بردار به سادگی میسر نگردد. ذکر این نکته حائز اهمیت است که کیفیت آب چاه‌های کشاورزی در اغلب مناطق کشور در محدوده شور و لب شور قرار گرفته و حاوی املاح فراوان در آب آبیاری است. لذا شستشوی پنل‌ها با آب کیفیت پایین ممکن است بر روی پنل‌ها اثر گذاشته و بازده آن‌ها را به سرعت کاهش دهد (شکل ۵).



شکل ۵- نمونه‌ای از باقیمانده نمک و املاح بر روی پنل

بنابر این بهره‌بردار قبل از احداث سامانه می‌بایست اقدام به آنالیز آب آبیاری (که جهت شستشوی پنل به کار خواهد رفت) نموده و در صورت وجود املاح زیاد در آب، به تمهیداتی هم‌چون جمع‌آوری آب باران (استفاده از پتانسیل سطوح آب‌گیر باران) و یا نصب مخازن ذخیره آب با کیفیت، جهت شستشوی پنل‌ها اقدام نماید.

۶- اقدامات احتیاطی در زمان نصب و بهره‌برداری سامانه: در هنگام رنگ‌آمیزی ایستگاه کنترل مرکزی سامانه آبیاری تحت فشار و یا سایر عملیات زراعی هم‌چون سم‌پاشی و ... در محدوده مزرعه خورشیدی، سطح پنل‌ها حتماً باید تا حد امکان پوشیده شود. هم‌چنین هرگز روی پنل‌ها به‌ویژه در فصل‌های گرم سال، نباید به‌صورت مستقیم آب پاشیده شود. این کار ممکن است باعث ترک‌خوردگی در سطح پنل خورشیدی شود. بنابر این، در صورت مجاورت مزرعه خورشیدی با سامانه آبیاری بارانی، امکان پاشش آب از آبپاش و یا بادبردگی آب در طراحی سامانه‌های فتوولتائیک بیش از پیش باید مورد توجه قرار گیرد. در شکل ۶ نمونه‌ای از خسارت وارده به پنل خورشیدی در اثر پاشش آب سرد، نشان داده شده است.



شکل ۶- نمونه‌ای از خسارت پاشش آب به پنل سامانه فتوولتائیک

#### توصیه ترویجی

- ۱- به علت هزینه‌های بالای سامانه‌های فتوولتائیک باید پیش از راه‌اندازی یک سامانه آبیاری خورشیدی، اهداف طرح و بازده آن از جنبه‌های فنی و اقتصادی و نکات ترویجی اشاره شده در بهره‌برداری سامانه بررسی شود.
  - ۲- یک توصیه کلی در استفاده و یا عدم استفاده از سامانه‌های فتوولتائیک در بخش پمپاژ آب کشاورزی وجود ندارد و بسته به شرایط منطقه، نوع کشت، طول دوره بهره‌برداری سامانه و سایر عوامل فنی و اقتصادی، کاربرد سامانه‌های فتوولتائیک در هر منطقه باید مورد بررسی قرار گیرد.
- طی چند سال اخیر به دلیل افزایش قطعی برق چاه‌های کشاورزی، کاربرد انرژی خورشیدی در بخش پمپاژ آب کشاورزی مورد توجه برخی از کشاورزان قرار گرفته، لیکن به دلیل عدم آگاهی کشاورزان به اصول اولیه بهره‌برداری و عدم ایجاد سایت‌های ترویجی جهت آشنایی کشاورزان با محدودیت‌ها و قابلیت‌های این نوع سامانه‌ها، لازم است موارد ترویجی مرتبط با اصول احداث سامانه‌های فتوولتائیک در بخش کشاورزی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

## فهرست منابع

۱. امیدی، ا.، علی‌مردانی، ر.، و خاتعلی، م. ۱۳۹۷. پتانسیل سنجی و تعیین اندازه مولد فتوولتائیک مستقل جهت تامین انرژی یک سامانه آبیاری. مهندسی بیوسیستم ایران. ۴۹(۳): ۴۷۷-۴۸۸.
۲. پرورش ریزی، ع.، و اشرف زاده ا. ۱۳۹۷. تحلیل فنی-اقتصادی آبیاری خورشیدی: مقایسه با منابع متداول انرژی در آبیاری. فصلنامه پژوهش‌های سیاست‌گذاری و برنامه ریزی انرژی. ۴ (۲): ۲۰۱-۲۲۸.
۳. جباری، آ. ۱۴۰۳. آشنایی با سامانه آبیاری کم‌فشار. معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، دفتر شبکه‌دانش و رسانه‌های ترویجی. ۲۹ صفحه.
۴. چراغی، س.، و چوپچیان، ش. ۱۳۹۶. شناسایی عوامل بازدارنده توسعه کارآفرینی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی ایران. راهبردهای کارآفرینی در کشاورزی. ۴ (۸): ۲۳-۳۱.
۵. زمردیان، ز.، و تحصیل دوست، م. ۱۳۹۸. ظرفیت‌ها، موانع و مشوق‌های توسعه انرژی‌های پاک در روستاهای ایران. فصلنامه مسکن و محیط روستا ۳۸ (۱۶۵): ۱۷-۳۲.
۶. شجاعی، م.، و اخوان، س. ۱۳۹۹. ارزیابی اقتصادی سیستم پمپاژ آب با تغذیه برق فتوولتائیک در مزارع تحت آبیاری قطره‌ای. پژوهش آب ایران. ۱۴ (۱): ۱۹-۲۸.
۷. کاظمیه، ف.، عیدی، ا. و راحلی، ح. ۱۴۰۰. تبیین عامل‌های مؤثر بر امکان بکارگیری انرژی‌های نو در بخش کشاورزی از دیدگاه کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی شهرستان ارومیه. فصلنامه علوم محیطی. ۱۹ (۲): ۲۴۰-۲۲۵.
۸. محمدی، م.، و صبوری، م. ص. ۱۳۹۴. بررسی موانع بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش کشاورزی ایران: مطالعه موردی استان سمنان. نشریه انرژی ایران. ۱۸ (۳): ۶۰-۴۵.
۹. یوسف گمرکچی، ا. ۱۴۰۰. آشنایی با کاربرد انرژی خورشیدی در سامانه‌های پمپاژ آب کشاورزی. نشریه فنی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. ۴۵ صفحه.