



اثرات نیروگاه خورشیدی بر محیط‌زیست در ایران

مصطفی اسماعیلی نسب^{۱*}، سید مجید کشاورز^۲

چکیده

انرژی خورشید از مهم‌ترین انواع انرژی‌های نو و تجدید پذیر است که چنانچه جایگزین سوخت‌های فسیلی شود، می‌تواند به نگرانی‌های موجود درباره پایان‌پذیری و نیز آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از حامل‌های انرژی فسیلی و نوسان قیمت‌ها و بحران‌های انرژی خاتمه دهد. با توجه به پتانسیل بالای انرژی خورشیدی در مناطق وسیعی از کشور ایران، از میان منابع انرژی، انرژی خورشیدی دارای جذابیت بیشتری برای محققان است. امروزه کشورهای زیادی از نیروگاه خورشیدی در قالب متصل به شبکه و مستقل از شبکه استفاده می‌کنند. استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر به دلیل کاهش وابستگی به نفت و گاز منبع‌های کم‌ضرر برای محیط‌زیست می‌باشد ارزان بودن، دائمی بودن، پاک بودن، کاهش مصرف سوخت فسیلی و کاهش گازهای گلخانه‌ای، قابلیت بهره‌برداری به صورت خانگی و در ابعاد بزرگ و نگهداری آسان برخی مزایای استفاده از انرژی خورشیدی و بادی می‌باشند که این ویژگی‌های انرژی تجدید پذیر را به بهترین و پاک‌ترین انرژی‌ها تبدیل نموده‌اند.

کلید واژه‌ها: انرژی خورشید، سوخت فسیلی، زیست محیطی، انرژی، گازهای گلخانه‌ای

۱- مقدمه

یکی از موارد مهمی که در جهان امروز تأثیر بسیار زیادی بر همه جوانب زندگی بشری دارد تأمین انرژی می‌باشد. (۱)، در حال حاضر مهم‌ترین منبع‌های تأمین انرژی، سوخت‌های فسیلی هستند. استفاده از سوخت‌های فسیلی یکی از دلیل‌های عمده تولید گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های محیط‌زیستی بشمار می‌رود. (۲)، از این رو جوامع بشری به دنبال انرژی‌های جایگزین و انرژی‌های سازگار با محیط‌زیست، بی‌پایان و مطمئن هستند. متخصصان بر این باورند که انرژی‌ها تجدید پذیر توانایی پاسخ‌گویی به نیاز روزافزون انرژی و برطرف کردن نگرانی‌های محیط‌زیستی را دارند. انرژی‌های بادی و خورشیدی هر یک ویژگی‌های خاص خود را دارند. (۲). استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر به دلیل کاهش وابستگی به نفت و گاز منبع‌های کم‌ضرر برای

^۱ نویسنده مسئول، کارشناسی، رشته مهندسی برق قدرت، دانشگاه فنی حرفه‌ای پسران یاسوج، Mostafa.es1380@gmail.com

^۲ دپارتمان مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان یاسوج، ایران، Skeshavarz.tvu@ac.i

محیط‌زیست می‌باشد (۳) ارزان بودن، دائمی بودن، پاک بودن، کاهش مصرف سوخت فسیلی و کاهش گازهای گلخانه‌های، قابلیت بهره‌برداری به صورت خانگی و در ابعاد بزرگ و نگهداری آسان برخی مزایای استفاده از انرژی خورشیدی و بادی می‌باشند. این ویژگی‌های انرژی تجدید پذیر را به بهترین و پاک‌ترین انرژی‌ها تبدیل نموده‌اند و به همین دلیل سرمایه‌گذاری در مورد استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر در جهان روبه افزایش می‌باشد (۴) توسعه محیط‌های روستایی از مهم‌ترین برنامه‌های توسعه کشور می‌باشد. بسیاری از روستاهای ایران در نقاط دورافتاده و صعب‌العبور واقع شده‌اند و مشکل‌های انتقال و تعمیر و نگهداری برای شرکت‌های توزیع برق می‌تواند با تمهیدات تولید برق پراکنده در روستا تا حد قابل توجهی برطرف شده است. با تأمین مناسب انرژی با اتکا به داشته‌ها و منبع‌های نهفته منطقه‌های روستایی نظیر نیروگاه‌های خورشیدی و بادی، می‌توان در کنار تولید انرژی برای مصرف‌های خانگی و کشاورزی، به تأمین انرژی برای طرح‌ریزی صنایع کوچک جدید و ایجاد اشتغال و توسعه پایدار در منطقه مبادرت ورزید (۵) کشور ایران نیز با توجه به شرایط اقلیمی مناسب خود پتانسیل بسیار خوبی برای استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر را دارا می‌باشد (۱)، منطقه مورد مطالعه به دلیل دارا بودن شرایط خاص و همچنین توجه اقتصادی نسبت به برق‌رسانی شبکه‌ای، استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر ضرورت پیدا می‌کند. اگرچه نیروگاه‌های بادی و خورشیدی جزء منبع‌های انرژی پاک محسوب می‌شوند، ولی از آنجا که بیشتر این نیروگاه‌ها سبب تغییر در اکوسیستم منطقه و به هم خوردن تعادل اکولوژیکی می‌گردند، بنابراین برای حفظ محیط‌زیست و رعایت هدف‌های توسعه پایدار، شناسایی اثرها و ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی ضروری می‌باشد. (۶)

قانون برنامه دوم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور جمهوری اسلامی ایران (۱۳۷۴-۱۳۷۸) مصوب ۲/۹/۱۳۷۳ مجلس شورای اسلامی، در تبصره ۸۲ خود بیان می‌دارد، طرح‌ها و پروژه‌های بزرگ تولیدی و خدماتی باید قبل از اجرا و در مرحله انجام مطالعات امکان‌سنجی و مکان‌یابی، براساس الگوهای مصوب شورای عالی حفاظت محیط‌زیست مورد ارزیابی محیط‌زیستی قرار گیرد (۷)

استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک در ساختمان به صورت مستقل از شبکه و متصل به شبکه می‌تواند تمام یا بخشی از انرژی الکتریکی مورد نیاز روزانه ساختمان را تأمین کند. سیستم‌های فتوولتائیک را می‌توان در ساختمان‌ها با بام‌ها، پنجره‌های سقفی، آتریومها، نماها، سایبان‌ها و غیره ادغام و یکپارچه کرد. در این تحقیق به دنبال اثرات نیروگاه خورشیدی بر محیط‌زیست در ایران هستیم.

۲- مبانی نظری و پیشینه

با توجه به افزایش قیمت سوخت فسیلی و این واقعیت که هزینه فناوری‌های انرژی تجدید پذیر به سرعت رو به کاهش است، اکنون تأمین انرژی توسط منبع‌های تجدید پذیر در حال رقابتی شدن با انرژی‌های معمولی می‌باشد (۸). در برابر افزایش مصرف انرژی در جهان، انرژی‌های تجدید پذیر به عنوان انرژی‌های جایگزین و سازگار با محیط‌زیست به رشد خود ادامه داده‌اند و هر ساله از نظر ظرفیت نصب شده و انرژی تولید شده، به طور چشم‌گیری توسعه یافته‌اند (۹)، با توجه به موقعیت جغرافیای ایران و پراکندگی روستایی در کشور، استفاده از انرژی بادی و خورشیدی یکی از بهترین راه‌های برق‌رسانی و تولید انرژی پراکنده در مقایسه با دیگر مدل‌های انتقال انرژی به روستاها و نقاط دورافتاده در کشور از نظر هزینه، حمل‌ونقل، نگهداری و عامل‌های مشابه می‌باشد (۱). باید توجه داشت که روستاها به عنوان خطوط انتهایی دریافت‌کننده برق از شبکه، هزینه‌های زیادی برای

تأمین، انتقال و توزیع برای شرکت‌های توزیع برق دارند و تأمین برق در محل روستا می‌تواند هزینه‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت را حذف کند. با تأمین مناسب انرژی با اتکا به داشته‌ها و منبع‌های نهفته منطقه‌های روستایی می‌توان در کنار تولید انرژی برای مصارف خانگی و کشاورزی، به تأمین انرژی برای طرح‌ریزی صنایع کوچک جدید و ایجاد اشتغال و توسعه پایدار در منطقه مبادرت ورزید (۱۰). اگرچه نیروگاه‌های برق تجدید پذیر به‌طور معمول دوستدار محیط‌زیست هستند، ولی اثرهای نیروگاه بر محیط‌زیست نظیر متغیر بودن سرعت باد و همچنین هزینه بالای ساخت توربین‌های بادی و سل‌های خورشیدی، اثرهای محیط‌زیستی انرژی خورشیدی و بادی و همچنین بلااشکال بودن محل اجرای پروژه از دیدگاه محیط‌زیستی باید قبل از اجرای نیروگاه بررسی شود (۱۱). هدف اساسی ارزیابی و بازنگری محیط‌زیستی، دخالت دادن ملاحظات محیط‌زیستی در فرآیند برنامه‌ریزی است. در واقع پیش از انتخاب یک گزینه خاص لازم است تجزیه و تحلیل جامعی در زمینه پیامدهای محیط‌زیستی هر یک از گزینه‌های موجه صورت گیرد تا گزینه‌ای که کمترین پیامدهای محیط‌زیستی را ایجاد می‌کند و از نظر جنبه‌های فنی - اقتصادی نیز مطلوب باشد انتخاب شود (۷) ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی فعلیتی است که به‌منظور شناسایی و پیش‌بینی اثرهای یک پروژه بر روی محیط‌زیست به انجام می‌رسد. هدف از هر ارزیابی محیط‌زیستی، سهولت نیل به توسعه پایدار است، به‌طوری‌که حتی‌الامکان سعی بر این است که اثرهای محیط‌زیستی مفید به بیشترین حد رسیده و درعین حال اثرهای مخرب اصلاح و یا حذف گردند. (۱۲)

فرآیند ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی با روش‌های زیادی شامل چک‌لیست، ماتریس، تحلیل شبکه، روی هم گذاری نقشه‌ها و مدل‌سازی انجام می‌گیرد. از روش‌های ماتریس رایج می‌توان به ماتریس ساده، ماتریس قدم‌به‌قدم، ماتریس مور، ماتریس لئوپولد، ماتریس وزنی و ماتریس ارزیابی اثرهای سریع اشاره کرد (۱۲). ماتریس لئوپولد اولین بار توسط لئوپولد در سال ۱۹۷۱ برای تجزیه و تحلیل اثرهای محیط‌زیستی مطرح شد (۱۳). سپس ماتریس لئوپولد با توجه به شرایط بومی ایران اصلاح گردید و به‌عنوان ماتریس لئوپولد ایرانی مورد استفاده متخصصان ایرانی در زمینه ارزیابی قرار گرفت. از بزرگ‌ترین مزایای این ماتریس می‌توان به جمع‌بندی اثرهای مثبت و منفی در دو مرحله اجرا و بهره‌برداری اشاره کرد (۱۴) ماتریس ارزیابی اثرهای سریع که اولین بار توسط Christopher Pastakia در سال ۱۹۹۸ بیان شد، قادر است در مدت‌زمان بسیار کوتاهی به ارزیابی و مقایسه گزینه‌های موجود در طرح‌ها و پروژه‌ها پردازد و نتایج را به‌صورت روشن و گویا در قالب جدول و نمودار نمایش دهد (۱۵). افزون بر این RIAM به دلیل داشتن ساختاری ساده، توانایی بالا در آنالیز عمیق و تکرارپذیر، دقت بالا، انعطاف‌پذیری و همچنین قابلیت آن برای انجام یک ارزیابی عینی، می‌تواند به‌عنوان یک روش قدرتمند برای انجام پروژه‌های ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی استفاده شود (۱۵) از جمله مطالعاتی که در زمینه استفاده از ماتریس ایرانی و ماتریس ارزیابی اثرهای سریع برای ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی انجام شده است، می‌توان به مطالعه (۱۶) در زمینه ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی کارخانه سیمان زاوه با استفاده از ماتریس لئوپولد ایرانی اشاره کرد. بر اساس ارزیابی با روش ماتریس ایرانی به تفکیک فازهای ساخت و ساز و بهره‌برداری، تعداد ستون با میانگین ارزشی کمتر از $1/3$ - وجود نداشت و تعداد ردیف با میانگین کمتر از $1/3$ - کمتر از 50% بود، بنابراین احداث کارخانه همراه با اجرای طرح‌های بهسازی قابل قبول بود. در مطالعه (۱۷) که به بررسی کاربرد ماتریس ایرانی در ارزیابی اثرهای زیستی محیط گزینه‌های مدیریت پسماند جامد در شهر بیرجند پرداختند، با توجه به نتایج به‌دست آمده از ماتریس لئوپولد ایرانی، گزینه احداث کارخانه کمپوست به‌عنوان اولویت اول و منطقی‌ترین گزینه برای مدیریت پسماند در این شهر معرفی گردید. نتایج در مطالعه (۱۴) با عنوان بررسی اثرهای محیط‌زیستی پروژه خط انتقال سوخت به نیروگاه سیکل

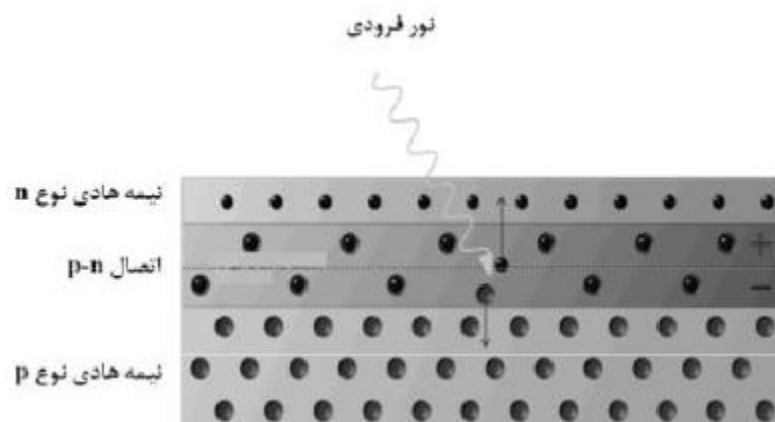
ترکیبی در شهرستان چابهار با استفاده از ماتریس ایرانی، نشان داد با توجه به آنالیز انجام‌شده در هیچ‌یک از ردیف‌ها و ستون‌های ماتریس میانگین رده‌بندی کمتر از (۲) یافت نشد، بنابراین انجام پروژه سوخت‌رسانی به نیروگاه سیکل ترکیبی مورد تأیید قرار گرفت. مطالعه (۱۸) با عنوان ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی دفن زباله شهری گناباد با استفاده از ماتریس لئوپولد انجام شد. نتایج نشان داد که گزینه ادامه دفن به روش فعلی به دلیل آسیب‌های محیط‌زیستی شدید و مشکل‌های بهداشتی آن رد می‌شود و گزینه احداث کارخانه کمپوست با کمترین نمره منفی بهترین گزینه برای محل دفن پسماندهای شهرستان گناباد بوده و نسبت به چهار مورد دیگر برتری دارد. نتایج مطالعه (۱۹) با عنوان استفاده از ماتریس لئوپولد در انجام EIA برای مزرعه‌های باد در صربستان به امکان‌سنجی استفاده از ماتریس لئوپولد در انجام ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی برای باد خالص Kladovo (مطالعه موردی) در صربستان منجر به شناسایی دقیق اثرهای احتمالی پروژه و همچنین حذف دشواری‌ها و مشکل‌های مربوط به استفاده از انرژی باد را امکان‌پذیر ساخته است. در مطالعه (۲۰) با عنوان کاربرد ماتریس ارزیابی اثرهای سریع و ماتریس ایرانی (اصلاح‌شده لئوپولد) در ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی محل دفن پسماند جامد شهرکرد اشاره دارد. نتایج نشان داد بر اساس هر دو روش، ادامه دفن به شیوه کنونی از لحاظ بهداشتی غیرقابل قبول و ادامه روند کنونی همراه با آسیب‌های محیط‌زیستی شدید است. کارخانه کمپوست - بازیافت با توجه به پتانسیل پسماندهای تولیدی در این شهر در اولویت گزینه‌های موجود قرار دارد. به‌طور کلی مطالعات زیادی در رابطه با ارزیابی اثرهای محیطی زیستی به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در منطقه‌های روستایی با روش ماتریس لئوپولد ایرانی صورت نگرفته است. بیشتر این تحقیق‌ها به ارزیابی یک نوع نیروگاه بدون بررسی اثرهای محیطی و همچنین مکان‌یابی انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته‌اند. بنابراین تحقیقی که افزون بر ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی، آثار اقتصادی و اجتماعی و فرهنگی انرژی‌های تجدیدپذیر را نیز در نظر بگیرد، ضرورت دارد. این پژوهش باهدف ارزیابی اثرهای محیط‌زیستی به‌کارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر (بادی - خورشیدی) در روستای زواریان با استفاده از دو روش ماتریس ایرانی و RIAM انجام پذیرفت. در جمع‌بندی اثرها، میانگین اثرهای مثبت و منفی برای هر فعالیت و هر فاکتور محیط‌زیستی محاسبه گردید و درنهایت برای هر یک از اجزای محیط‌زیستی و برای هر یک از مراحل ساختمانی و بهره‌برداری، گزینه‌های مختلف عددی محاسبه شد. در این مرحله میانگین اثرهای مثبت بیانگر مقبولیت محیط‌زیستی پروژه است، ولی در صورتی که میانگین رده‌بندی $1/3$ - تا باشد، پروژه از لحاظ مطالعات محیط‌زیستی موردپذیرش قرار نمی‌گیرد. اگر میانگین رده‌بندی $1/2$ - تا $1/3$ - باشد، پروژه با انجام موارد اصلاحی قابل انجام است و چنانچه میانگین رده‌بندی بین $1/2$ تا 0 باشد، پروژه با انجام گزینه‌های اصلاحی و طرح‌های بهسازی قابل اجرا خواهد بود.

۲-۱- فناوری فتوولتائیک

در فناوری فتوولتائیک پرتوهای خورشیدی توسط صفحات سلول کوچکی از نیمه‌رساناهای فتوولتائیک، موسوم به سلول خورشیدی، به الکتریسیته تبدیل می‌شود. سلول‌های فتوولتائیک به دو شکل صفحه تخت و متمرکز کننده ساخته می‌شوند. نوع صفحه تخت همان سلول‌های خورشیدی رایج است که نور را بی‌واسطه به نیمه‌رسانا می‌رساند و به الکتریسیته تبدیل می‌کند. ولی سلول‌های متمرکز کننده ابتدا نور خورشید را به کمک یک بازتابنده متمرکز و سپس آن را به سمت سلول خورشیدی هدایت می‌کنند. از اتصال سلول‌های خورشیدی باهم یک مدول خورشیدی تشکیل می‌شود. سلول‌های خورشیدی قادرند انرژی

تابشی خورشیدی را با بازدهی معادل ۵ تا ۲۰ درصد مستقیماً به الکتریسیته تبدیل کنند. اگرچه انرژی الکتریکی تابشی هنوز به میزان کافی از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد، ولی در سالهای اخیر کاهش چشمگیری در هزینه های مربوط به بهره برداری از این سیستم ها مشاهده گردیده و انتظار می رود در آینده نیز با تحقیقات لازم کاهش قیمت ادامه یابد. در شکل ۱، شماتیکی از اثر فوتولتائیک نمایش داده شده است. در دستگاه های فوتولتائیک الکترون های حالت برانگیخته و حفرات تولید شده در حالت پایه باید به طور جداگانه برای تولید الکتریسیته جمع آوری شوند. اثر فوتولتائیک در اثر تماس دو نیمه هادی نوع n و نوع p ایجاد می شود.

توان تولیدی سلول و مدول خورشیدی به تنهایی ممکن است فقط برای شارژ یک باتری کوچک کافی باشد. برای ساختن سامانه ای با خروجی قابل توجه، نیاز است که چند مدول باهم و به صورت هم زمان کار کنند. همان طور که سلول های خورشیدی به هم وصل می شوند تا مدول ها را بسازند، مدول ها هم باید برای ایجاد میزان مناسبی از ولتاژ و جریان، به صورت سری و موازی به هم متصل شوند. واحد ساخته شده به این طریق آرایه خورشیدی نامیده می شود. طرح واره ای از سلول، مدول و آرایه خورشیدی در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱: شماتیکی از اثر فوتولتائیک



شکل ۲: طرح واره سلول، ماژول و آرایه خورشیدی

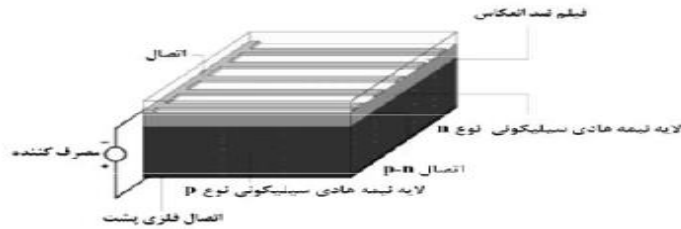
اثر فوتولتائیک از چهار مرحله اساسی شامل جذب نور، تولید الکترون-حفره، انتقال بار و جمع آوری آن تشکیل شده است [۲۱]. جذب نور هنگامی رخ می دهد که مواد دارای خصلت نیمه هادی باشند به گونه ای که بتوانند به نور ورودی پاسخ دهند.

خصوصیات جذبی به ضریب جذب ذاتی آن‌ها بستگی دارد. مرحله بعدی تولید الکترون حفره می‌باشد. هنگامی که نور ورودی به الکترون‌های حالت پایه در ترکیبات نیمه‌هادی معدنی برخورد می‌کند، حاملان بار شامل الکترون‌ها و حفره‌های آزاد تولید می‌کند. درحالی‌که در مواد نیمه‌هادی آلی الکترون‌های برانگیخته به آرامی به آسایش رسیده و اکسایتون را تولید می‌کنند. برای ساخت یک سلول فوتولتائیک آلی کارآمد تفکیک مناسب اکسایتون کلید اصلی است زیرا انرژی پیوندی اکسایتون بسیار بزرگ است. مرحله بعدی پس از تفکیک اکسایتون، انتقال الکترون حفره می‌باشد. این مرحله شامل انتقال بارهای تفکیک‌شده به الکترودها از طریق مسیرهای انتقال بار است. اگر مسیر انتقال بار دارای نقص‌هایی مانند دام‌های بار یا سد‌هایی که از انتقال بار ممانعت می‌کنند باشد عملکرد مناسب سلول خورشیدی کاهش می‌یابد. هنگامی که فصل مشترک به‌درستی طراحی و بهینه نشده باشد منجر به هدر رفت بار جمع‌آوری‌شده می‌گردد [۲۲]

۲-۲- نسل‌های مختلف سلول‌های خورشیدی

پس از کشف اثر فوتولتائیک زمینه‌ی طراحی و ساخت سلول‌های خورشیدی فراهم شد. بررسی روند پیشرفت سلول‌های خورشیدی از گذشته تا امروز نشان می‌دهد که در طول زمان ترکیبات مختلفی که خصوصیات فوتولتائیک را از خود نشان می‌دهند طراحی و سنتز شده و در ساختار سلول‌های خورشیدی به کار گرفته شده‌اند. در ادامه به معرفی آن‌ها پرداخته می‌شود. اولین سلول خورشیدی سیلیکونی توسط آزمایشگاه بل در سال ۱۹۵۳ در آمریکا ساخته شد. این دستگاه‌ها در آن زمان به بازده ۴/۵٪ رسیدند و اندکی بعد در سال ۱۹۵۴ به بازده ۶٪ دست یافتند [۲۳]. تحقیقات بسیاری پیرو این دستاورد جدید به انجام رسید زیرا سیلیکون ایمن بوده و دومین عنصر فراوان بر روی کره زمین می‌باشد. سلول‌های خورشیدی سیلیکونی کریستالی به‌عنوان اولین نسل از سلول‌های خورشیدی شناخته می‌شوند. این دستگاه‌ها به دلیل استفاده از سیلیکون خالص در ساختارشان بسیار گران‌قیمت هستند. سلول‌های خورشیدی سیلیکونی کریستالی در سال ۲۰۰۸ بر بیش از ۹۰٪ بازار فوتولتائیک جهان حکم‌فرما بودند [۲۴]. در شکل ۳ ساختار یک سلول خورشیدی سیلیکونی نشان داده شده است.

پیشرفت در جهت کاهش قیمت سلول‌های خورشیدی سیلیکونی به ساخت نسل دوم از این سلول‌ها منجر شد که شامل فیلم‌های نازک کادمیم تلوراید، کادمیم سلنید، مس ایندیوم گالیم دی سلنید، سلول‌های خورشیدی سیلیکونی آمورف و سلول‌های خورشیدی سیلیکونی کریستالی لایه‌نازک می‌باشد. نسل دوم سلول‌های خورشیدی در مقایسه با نسل اول دارای بازده کمتر و در مقابل قیمت پایین‌تر هستند. نسل سوم از سلول‌های خورشیدی باهدف بازدهی بالاتر و قیمت پایین‌تر در مقایسه با نسل اول و دوم طراحی شدند. سلول‌های خورشیدی دوتایی، سلول‌های خورشیدی نانو ساختار و سلول‌های خورشیدی چند اتصالی نمونه‌ای از این دستگاه‌ها می‌باشند. همچنین انواع دیگر سلول‌های خورشیدی شامل سلول‌های خورشیدی مایع حساس شده به رنگ‌دانه، سلول‌های خورشیدی حالت جامد حساس شده به رنگ‌دانه، سلول‌های حساس شده به نقاط کوانتومی و سلول‌های خورشیدی آلی نیز طراحی و ساخته شده‌اند [۲۵، ۲۶]. سلول‌های خورشیدی بر پایه‌ی سیلیکون به دلیل طول عمر بالاتر و بازده بیشتر همچنان بخش عمده بازار فوتولتائیک جهان را در دست دارند.



شکل ۳: شماتیکی از یک سلول خورشیدی سیلیکونی



شکل ۴: تغییرات قیمتی سلول های خورشیدی سیلیکونی منبع (۲۷)

هزینه‌ی یک ماژول خورشیدی بستگی به اندازه‌ی پنل ساخته شده دارد. ۵۰ تا ۶۰ درصد هزینه‌ی بالای سلول‌های خورشیدی سیلیکونی به فرآیند نصب و راه‌اندازی و ۴۰ درصد هزینه‌ها به مواد و فرآیند ساخت آن‌ها نسبت داده می‌شود [۲۷]. قیمت تمام شده با کاهش یا افزایش رشد بازار تغییر می‌کند. شکل ۴ تغییر قیمت‌ها در دهه‌ی اخیر را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل ۴ نشان داده شده است قیمت‌ها در آمریکا از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ به‌طور چشمگیری کاهش یافته است.

۲-۳- فناوری ساخت سلول‌های خورشیدی

از زمان شناخت پدیده فتوولتائیک در نیمه اول قرن نوزدهم تاکنون، روش‌ها و فناوری‌های مختلفی برای ساخت و تولید سلول‌های خورشیدی ابداع و اجرا شده است. تا پیش از دهه ۱۹۸۰ میلادی، اغلب این روش‌ها به دلیل بازده کم، در سطح فعالیت‌های آزمایشگاهی و تحقیقاتی باقی‌مانده و جز کاربردهای خاص مثل ماهواره‌ها و فضانوردان و محدود (مثل



شکل ۵: دسته‌بندی فناوری‌های سلول‌های خورشیدی

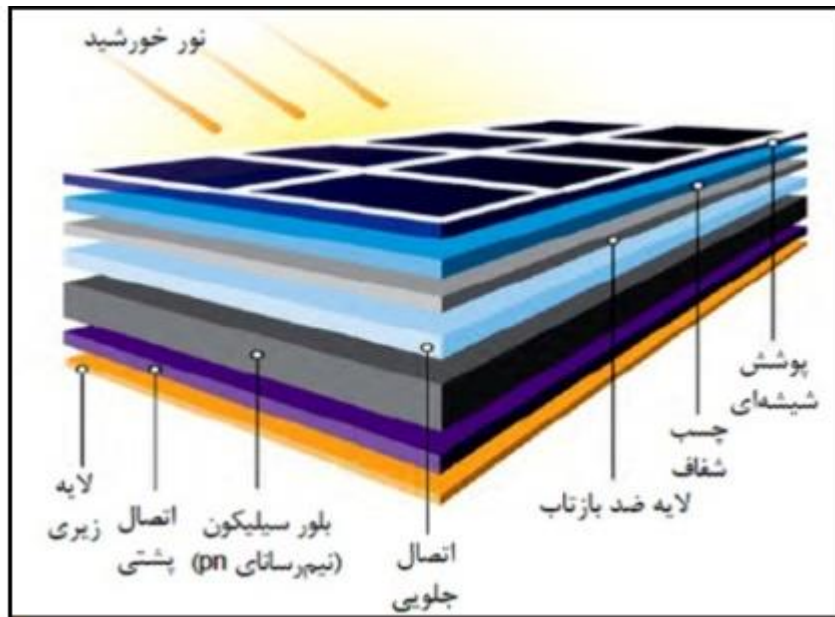
سیستم‌های فتوولتائیک کوچک و خانگی چند کیلوواتی حضور جدی در عرصه صنعتی نیافته بودند. از میانه دهه ۱۹۸۰ که اولین سلول‌های خورشیدی با بازده ۲۰ درصد ساخته شد و با بالا رفتن قیمت سوخت، نگاه صنعتی به این فناوری نیز شکل جدی‌تری به خود گرفت و زمینه برای توجیه کاربردهای نیروگاهی این فناوری هموار شد. با نگاهی به روند توسعه فناوری‌های سلول خورشیدی می‌توان آن‌ها را به سه نسل زیر تقسیم کرد:

- فناوری‌های نسل اول مانند سلول‌های سیلیکون بلوری

- فناوری‌های نسل دوم، لایه نازک سیلیکونی و غیر سیلیکونی
- فناوری‌های نسل سوم، موسوم به فناوری‌های نوظهور بر پایه مواد آلی و چند پیوندی این فناوری‌ها در نمودار شکل شماره ۵ دسته‌بندی شده‌اند.

۲-۴- فناوری سلول خورشیدی سیلیکون بلوری

سلول‌های سیلیکون بلوری نخستین نسل از سلول‌های خورشیدی هستند. اولین سلول سیلیکون بلوری در سال ۱۹۵۴ در آزمایشگاه بل آمریکا ساخته شد و تا دهه ۱۹۸۰ بیشترین کاربرد این سلول‌ها محدود به فضاپیماها و ماهواره‌ها می‌شد. با توسعه این سلول‌ها و کار روی بازدهی آن‌ها از سال ۱۹۸۰ تا به امروز، بازده ۲۵٪ در شرایط آزمایشگاهی برای سلول‌های سیلیکون تک‌بلوری نیز حاصل شده است. یک سلول خورشیدی سیلیکون بلوری معمولاً از لایه‌های زیر تشکیل شده است. یک لایه بلور سیلیکون در میانه سلول که در یک طرف آن ناخالصی نوع منفی و در طرف دیگر ناخالصی نوع مثبت قرار دارند؛ دو لایه اتصال الکتریکی در دو طرف نیم‌رسانا؛ یک لایه روکش ضد بازتاب روی اتصال جلویی و یک لایه پوشش شیشه‌ای که با یک لایه چسب شفاف از جنس پلی وینیل استات روی روکش ضد بازتاب نصب می‌شود. یک لایه محافظ زیرین در شکل ۶ ساختمان لایه چینی سلول خورشیدی سیلیکون بلوری نشان داده شده است. سلول‌های سیلیکون بلوری به دو صورت (تک‌بلوری) و (چند بلوری) تولید می‌شوند. نوع تک‌بلوری این سلول‌ها به دلیل برخورداری از بالاترین بازده در میان انواع سلول‌ها، بیشترین استفاده را در بازار دارد. بازده این سلول در شرایط مطلوب آزمایشگاهی ۲۵٪، در تولید صنعتی بین ۱۸ تا ۲۲٪ و بازده بهترین مدوله‌ای صنعتی آن نیز بین ۱۶ تا ۲۰٪ است. سلول‌های تک‌بلوری با وجود برخورداری از بازدهی بالا، هزینه تولید بسیار زیادی دارند. از این رو، تولیدکنندگان برای کاهش هزینه‌ها، به استفاده از سیلیکون چند بلوری روی آوردند. در این روش که سیلیکون جامد از انجماد سریع و کنترل شده سیلیکون مذاب حاصل می‌شود، انبوهی از بلورهای کوچک با ابعاد مختلف به یکدیگر متصل می‌شوند و سیلیکون چند بلوری را تشکیل می‌دهند. این ماده که به مراتب ساده‌تر و ارزان‌تر از سیلیکون تک‌بلوری به دست می‌آید، به دلیل نقص ساختار بلوری خود بازده کمتری هم در تبدیل نور خورشید به الکتریسیته دارد. از این رو، بازده سلول‌های خورشیدی سیلیکون چند بلوری در شرایط مطلوب آزمایشگاهی به ۲۰٪ و در تولید صنعتی به ۱۵٪ می‌رسد. شکل ۷ نمونه‌ای از سلول‌های خورشیدی تک‌بلوری و چند بلوری را نشان می‌دهد. به لحاظ ظاهری، ساختار یک‌دست و برش هشت ضلعی سلول تک‌بلوری که از شمش بلور استوانه‌ای به همین قطر بریده می‌شوند، آن را از سلول‌های چند بلوری با ساختار نامنظم و برش چهارضلعی که از شمش‌های مکعب با مقاطع خیلی بزرگ‌تر بریده می‌شوند، متمایز می‌کند. تولید سلول‌های سیلیکون بلوری فرآیندی پیچیده و طولانی دارد که با صرف هزینه زیاد همراه است. با این حال، بلوغ فناوری و برتری چشمگیر بازدهی این سلول‌ها، ادامه روند تولید و توسعه آن‌ها را همچنان توجیه‌پذیر می‌کند.



شکل ۶: ساختمان لایه چینی سلول خورشیدی سیلیکون بلوری



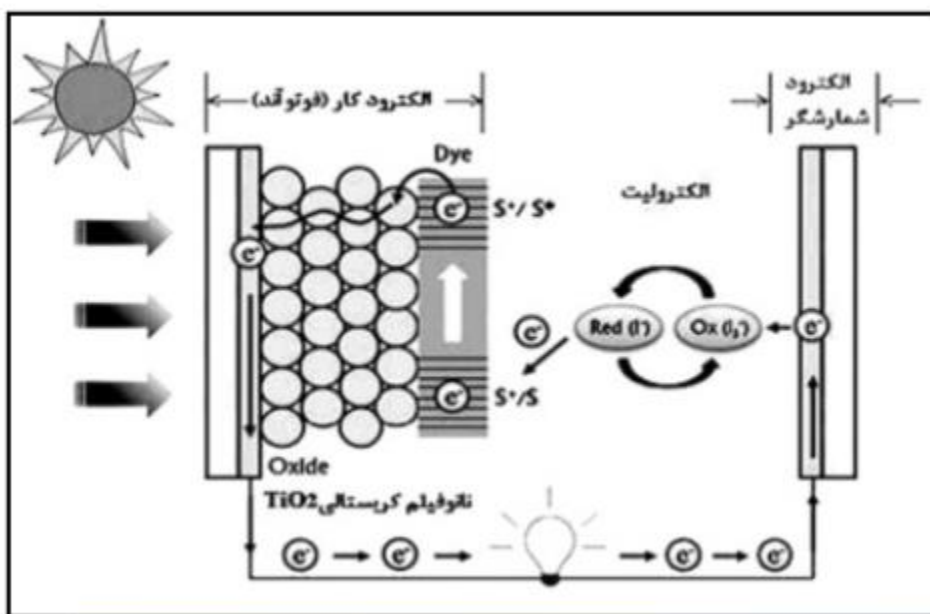
شکل ۷: سلول خورشیدی سیلیکونی تک‌بلوری و چند بلوری

۲-۵- سلول‌های خورشیدی غیر سیلیکونی

سلول‌های خورشیدی حساس شده به رنگ‌دانه ارزان‌قیمت و با کارایی بالا توسط گراتزل و همکاران با استفاده از تیتانیوم دی‌اکسید کلئیدی برای تقلید از فرآیند طبیعی فتوسنتز ارائه شدند که در واقع راهکاری نوین جهت جایگزینی سلول‌های خورشیدی سیلیکونی بودند [۲۸]. حساس سازی نوری کلئیدی با استفاده از رنگ‌دانه‌هایی که از مشتقات کلروفیل و پورفیرین‌های طبیعی بودند بازده کوانتومی بالایی مشابه آنچه که در فرآیند فتوسنتز رخ می‌دهد را نشان می‌دهد [۲۹]. سلول‌های خورشیدی حساس شده به رنگ‌دانه از یک فوتوآند متشکل از نانوذره نیمه‌هادی مانند (۳۰،۳۱) الکترودهای شفاف نوری، رنگ‌دانه‌های حساس ساز نوری، نمک‌های معدنی، حلال‌ها و الکترودهای فلزی تشکیل شده‌اند که بهینه‌سازی هر جزء می‌تواند

در افزایش بازده تبدیل انرژی این سلول‌ها نقشی مهم ایفا کند. با این حال، سلول‌های خورشیدی حساس شده به رنگ‌دانه معایبی مانند پایداری کم، کپسوله شدن و نشت حلال را دارند. نشت حلال منجر به کاهش غلظت الکترولیت و در نتیجه کاهش عملکرد دستگاه می‌گردد. (۳۳، ۳۴، ۳۵)

برای جایگزین نمودن الکترولیت مایع فرار در سلول‌های خورشیدی حساس شده به رنگ‌دانه نسل جدیدی از سلول‌ها با عنوان سلول‌های خورشیدی شبه جامد حساس شده به رنگ‌دانه توسعه یافتند که در ساختار آن‌ها از انتقال‌دهنده‌های



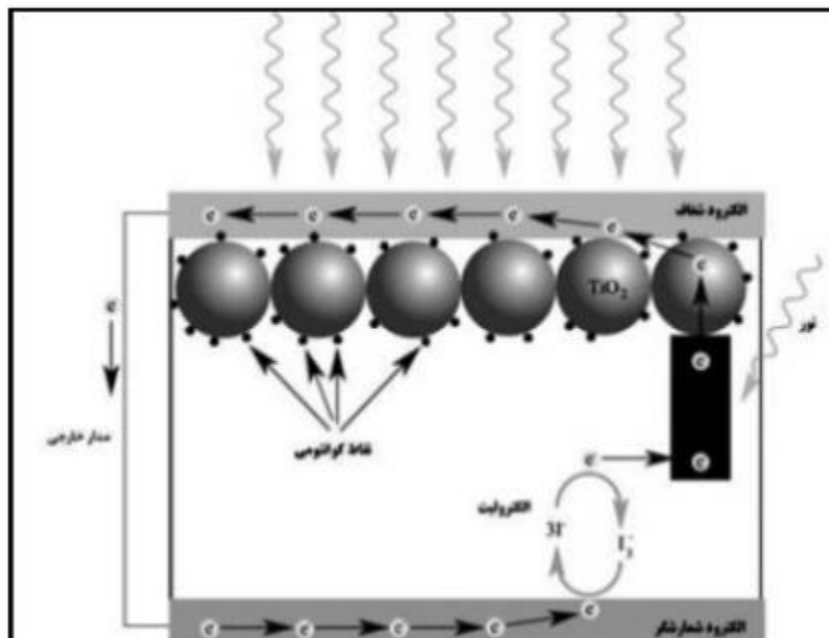
شکل ۸: طرح شماتیکی از عملکرد سلول حساس شده به رنگ‌دانه

حفره در حالت جامد یا شبه جامد استفاده می‌گردد و شامل ترکیبات نیمه‌هادی نوع p یا مواد آلی انتقال‌دهنده حفره، الکترولیت مایع یونی یا الکترولیت پلیمری می‌باشند.

این مواد بایستی در محدوده مرئی تابش شفاف بوده، رنگ‌دانه حساس کننده نوری را در خود حل نموده و همچنین قابلیت لایه نشانی در شبکه‌ی نانو متخلخل TiO_2 حساس شده به رنگ‌دانه را داشته باشند. این دستاورد برای حل مشکلاتی مانند نشت حلال، کپسوله شدن و خوردگی سلول‌های حساس شده به رنگ‌دانه مناسب است. سلول‌های حالت جامد کارایی کمتری در مقایسه با سلول‌های حساس شده به رنگ‌دانه مایع از خود نشان می‌دهند [۱۷، ۱۸]. این گروه از سلول‌های خورشیدی نیز معایبی دارند که برخی از آن‌ها عبارت‌اند: ناپایدار بودن ژل بکار گرفته شده که منجر به رسانش پایین و نشت حلال در این ساختارها می‌گردد؛ همچنین دماهای بالا که منجر به تخریب و دگرگونی ساختار کپسوله شده می‌گردد (۱۹، ۲۰). شکل ۸ عملکرد یک سلول خورشیدی حساس شده به رنگ‌دانه را نشان می‌دهد.

گروه دوم سلول‌های خورشیدی نقاط کوانتومی می‌باشند که بر پایه سلول‌های خورشیدی گراتزل یا حساس به رنگ‌دانه طراحی شده‌اند این گروه از ترکیبات نیمه‌هادی با باند گپ پایین استفاده می‌کنند تا بتوان از آن‌ها برای تهیه نقاط کوانتومی مانند $CdS, CdSe, Sb_2S_3, PbS$ ، استفاده نمود. در این دستگاه‌ها بجای کاربرد رنگ‌دانه‌های آلی یا آلی فلزی جاذب نور از نقاط

کوانتومی استفاده می‌شود. تغییرات در اندازه نقاط کوانتومی منجر به تغییرات شدت طول‌موج جذب نور شده در این سلول‌ها می‌گردد [۲۲]. در سلول‌های خورشیدی حساس شده با نقاط کوانتومی نیز مانند سلول‌های حساس شده به رنگ‌دانه، لایه TiO_2 اسکلت اصلی سلول را تشکیل می‌دهد و لایه نشانی ذرات کوانتومی بر روی لایه



شکل ۹: طرح شماتیکی از یک سلول حساس شده به نقاط کوانتومی

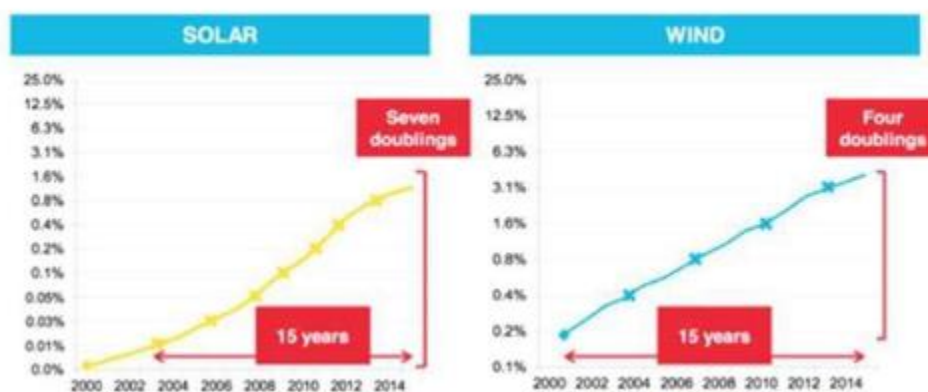
TiO_2 منجر به حساسیت نوری در این ساختارها می‌گردد. پوشش دهی ذرات کوانتومی بر روی لایه TiO_2 با استفاده از روش‌های مختلفی مانند رسوب‌دهی حمام شیمیایی، لایه نشانی الکتروفوریتیک و یا جذب و واکنش لایه‌یونی متوالی امکان‌پذیر است. مدار الکتریکی در نهایت با استفاده از زوج کاهنده اکسند جامد و یا مایع بسته می‌شود. بازدهی سلول‌های خورشیدی حساس شده با نقاط کوانتومی در سلول‌های اتصال مایع و سلول‌های حالت جامد به بیشتر از ۵۷٪ رسیده است (۲۳، ۲۴). شکل ۹ طرح شماتیکی از ساختار یک QDSSC را نمایش می‌دهد.

سلول‌های خورشیدی آلی پلیمری نسل دیگری از انواع سلول‌های خورشیدی غیر سیلیکونی هستند که امروزه توسعه فراوانی یافته‌اند. لایه فعال سلول خورشیدی آلی از دو ترکیب آلی الکترون دهنده و الکترون پذیرنده تشکیل می‌شود که بین یک اتصال نیمه‌رسانا مانند ایندیوم قلع اکسید (ITO) با تابع کار بالا و یک اتصال فلزی با تابع کار پایین مانند Ca ، Al و Mg ساندویچ شده است. سلول‌های خورشیدی آلی به لحاظ علمی بسیار جذاب هستند زیرا به راحتی و با هزینه‌ای پایین ساخته می‌شوند. از ویژگی بارز این دستگاه‌ها سبکی و انعطاف‌پذیری است که آن‌ها را برای کاربردهای مختلف قابل استفاده می‌نماید. در نهایت می‌توان گفت که عملکرد آن‌ها با طراحی‌های مولکولی، سنتز پلیمرهای جدید یا ترکیبات نیمه‌هادی آلی، قابل تغییر و افزایش می‌باشد. بازده سلول‌های خورشیدی پلیمری در مقایسه با سلول‌های سیلیکونی و سلول‌های خورشیدی حساس شده به رنگ‌دانه پایین‌تر

است. این به دلیل عدم تطابق طیفی بین ترکیبات جاذب نور در این سلول‌ها و طیف تابشی خورشید می‌باشد. همچنین تحرک پایین حاملان بار و جمع‌آوری ناکارآمد الکترون و حفره توسط الکترودها به‌عنوان مهم‌ترین چالش در این مسیر مطرح می‌گردد. تاکنون انواع مختلفی از این سلول‌ها شامل سلول‌های خورشیدی آلی تک لایه، اتصال ناهمگن دولایه و اتصال ناهمگن توده‌ای طراحی و ساخته شده‌اند.

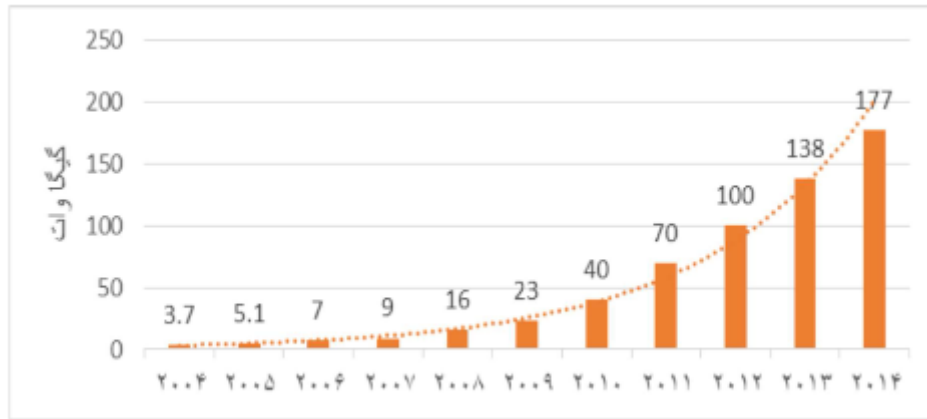
۳- مواد و روش

در مطابق نمودار ۱ در مدت زمان ۱۵ سال از سال ۲۰۰۰، ظرفیت جهانی الکتریسته تولیدشده از انرژی فتوولتائیک ۷ بار و هر بار به میزان دو برابر و از انرژی باد چهار بار و هر بار دو برابر ظرفیت قبلی خود، افزایش داشته است



نمودار ۱ بررسی افزایش ظرفیت انرژی فتوولتائیک و انرژی بادی طی ۱۵ سال، منبع (۴۲)

کاهش سریع هزینه‌ها موجب شده تا برق خورشیدی فتوولتائیک بی‌آنکه هیچ یارانه‌ای به آن تعلق گیرد بتواند در تعداد زیاد در نقاط مختلف جهان، از لحاظ قیمت، با سوخت فسیلی رقابت کند. طبق نمودار ۲ در سال ۲۰۱۴ ظرفیت خورشیدی فتوولتائیک رکورد دیگری از خود بر جای گذاشت؛ و با حدود ۴۰ گیگاوات ظرفیت جدید نصب شده مجموع ظرفیت جهانی آن به ۱۷۷ گیگاوات رسی. (۴۳)



نمودار ۲ ظرفیت جهانی خورشیدی فتوولتائیک ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۴. منبع: (۴۳)

به گزارش پایگاه اطلاع‌رسانی وزارت نیرو (پاون)، نگاهی به مصرف انرژی اولیه به تفکیک منابع و بخش‌های مختلف در سال ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که بیشترین منبع انرژی در این سال نفت بوده که چیزی معادل ۴/۳۵ واحد انرژی برق را تولید کرده که معادل ۳۶ درصد از کل تولید برق سال ۲۰۱۵ است.

بر اساس این گزارش، گاز طبیعی دومین منبع تولیدکننده انرژی برق دنیا گزارش شده و توانسته چیزی حدود ۳/۲۸ واحد، معادل ۲۹ درصد از کل منبع تولید انرژی برق دنیا را به خود اختصاص دهد.

همچنین بر پایه این گزارش؛ زغال‌سنگ با ۱۶ درصد و انرژی هسته‌ای با ۹ درصد همچنان در رده‌های بعدی منابع تولید انرژی الکتریسیته دنیا قرار دارند.

این گزارش می‌افزاید؛ بخش فروش برق خدمات عمومی و شهری نیز با در برگیری چیزی حدود ۴۰ درصد از کل برق مصرفی همچنان در رده اول مصرف قرار دارد.

بر پایه این گزارش، بیشترین بخش مصرف‌کننده برق پس از خدمات عمومی، همچنان واحد حمل‌ونقل است که تقریباً چیزی معادل ۲۸ درصد از کل برق تولیدی دنیا را مصرف می‌کند. همچنین بخش صنعت با اختصاص ۲۲ درصد از کل برق مصرفی تولیدشده، در رده سوم مصرف برق قرار دارند. بخش مسکونی و تجاری با اختصاص ۱۰ درصد از کل سهم برق مصرفی در رده‌های بعدی مصرف برق قرار دارند. (۴۴)

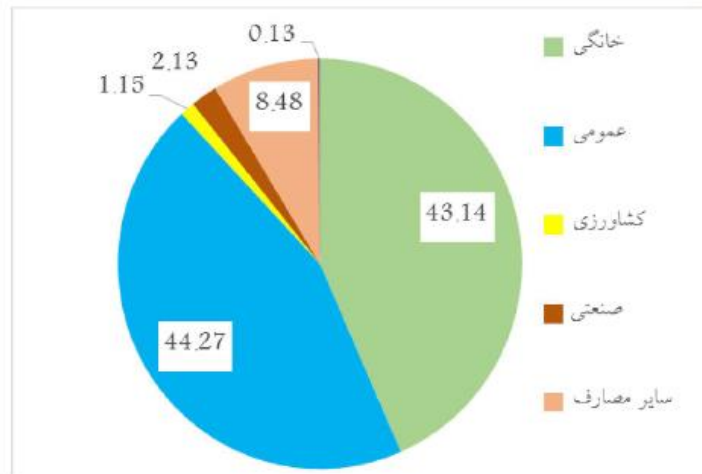


شکل ۱۰ تقسیم‌بندی تابش خورشید در مناطق مختلف کشور منبع (۴۵)



شکل ۱۱ نقشه میزان انرژی تابشی خورشیدی کل که در طول سال در نقاط مختلف ایران منبع (۴۶)

بررسی وضعیت مصارف انرژی الکتریکی در بخش ساختمان اداری همان گونه که در نمودار ۳ ملاحظه می‌گردد؛ در سال ۱۳۹۴ جمع کل برق مصرفی ناحیه ایلام در بخش عمومی در سال ۱۴۳۷۱۸۸۵۰ کیلووات ساعت است؛ که نسبت به سال قبل ۰.۶۸ درصد افزایش داشته است. بیشترین برق مصرفی ناحیه ایلام در این سال مربوط به شهرپورماه و به میزان ۱۶۴۴۶۷۱۱ کیلووات ساعت بوده است [۴۷]



نمودار ۳ مصرف برق سال ۱۳۹۴ ناحیه ایلام به تفکیک کاربری بر حسب درصد منبع نگارنده

جهت تعیین میزان توان پنل خورشیدی ساختمان با توجه به نوع کاربری ساختمان که یک ساختمان اداری است ابتدا باید تراز انرژی مصرفی ساختمان تعیین می‌گردد که با توجه به قبوض برق و گاز مصرفی ساختمان اقدام به تعیین میزان انرژی مجموعه ساختمان گردید که با توجه به نمودار ۴ ملاحظه می‌گردد ۴۵.۳٪ از مصرف انرژی این ساختمان الکتریکی و ۵۴.۷٪ مصرف ساختمان انرژی فسیلی بوده است، لذا از لحاظ مصرف انرژی یک ساختمان فسیلی است (مطابق مبحث ۱۹ مقررات ملی ساختمان).



نمودار ۴ تراز مصرف انرژی سالانه ساختمان مورد مطالعه بر حسب درصد منبع نگارنده

در این ساختمان از پنل های فتوولتائیک جهت تأمین بخشی از برق مصرفی استفاده شده است. سهم لوازم مختلف در مصرف برق یک ساختمان با مجموعه اداری معمولاً مطابق جدول ۱ است؛ البته این ارقام تقریبی بوده و در ادارات و ساختمان های مختلف متفاوت هست.

جدول ۱ آشنایی با انواع لوازم مصرف کننده برق در ساختمان اداری. منبع: [۲]

نوع مصرف	وسایل مورد نیاز	درصد تقریبی
روشنایی	انواع لامپ های رشته ای، فلورسنت، نئون	۴۰
گرمایشی یا سرمایشی	شوفاژ تهویه مرکزی، چیلر، بخار برقی، کولر آبی و کولر گازی	۴۵
مصارف ثابت و سایر مصارف	انواع لامپ های دائماً روشن، یخچال ها، آسانسور، بالابر	۱۵
جمع		۱۰۰

متوسط بار روزانه مصرفی انرژی الکتریکی ساختمان اداری شرکت توزیع برق در بین فصول سرد و گرم بین ۴۶ تا ۳۲۹ کیلووات ساعت در روز بوده است که این نوسان مربوط به راه اندازی سیستم های سرمایش و گرمایش که اکثراً برقی اند می باشد.

۴- تحلیل زیست محیطی

مطابق آمارهای آژانس بین المللی انرژی در سال ۲۰۱۱، کشور ایران معادل با ۵۲۰ میلیون تن کربن دی اکسید تولید نموده که در این عملکرد جزء ۱۰ کشور اول دنیا قرار دارد. سرانه تولید کربن دی اکسید به ازای هر نفر ۷ تن بوده و شدت انتشار کربن نیز معادل با کیلوگرم به ازای هر دلار تولید (به قیمت سال ۲۰۰۵) بوده است که رقم بسیار قابل توجهی است (۴۲). طبق گزارش سازمان بین المللی انرژی، بهبود مصرف انرژی از سال ۱۹۹۰ به جلوگیری از انتشار ۸۷۰ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ کمک کرده است (۵۰).

مطابق تحقیقات انجام شده انتشار مستقیم و غیرمستقیم دی اکسید کربن ناشی از مصارف سوخت در نیروگاه های حرارتی به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی در حدود ۷۵۰ گرم هست، یعنی ما به ازای هر کیلووات ساعت مصرف برق در منازل و یا محل کار خود باعث انتشار حداقل ۷۵۰ گرم گاز آلاینده دی اکسید کربن گردیده ایم و این در حالی است که پنل های فتوولتائیک به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی انتشار گاز دی اکسید کربن نداشته و فقط صرف انتشار گاز CO₂ به شکل غیرمستقیم (شامل مراحل تولید پنل های فتوولتائیک) به میزان حدود ۵۰ گرم به ازای هر کیلووات ساعت هست، لذا ابتدا می توان چنین نتیجه گرفت که به ازای هر کیلووات بهره گیری از پنل های خورشیدی در منازل و یا محیط کار خود ما می توانیم حداقل حدود ۷۰۰ گرم در کاهش گازهای گلخانه ای نقش داشته باشیم، البته یادآوری می شود، در نیروگاه های حرارتی سایر گازهای گلخانه ای و ذرات معلق نیز تولید می گردد که در این مقاله از ذکر آنها صرف نظر نموده ایم [۴۷]. جعفری فشارکی و توسلی در مقاله ای به عنوان «بررسی تأمین انرژی ساختمان با استفاده از انرژی فتوولتائیک» این میزان کاهش انتشار CO₂ را یک کیلوگرم بیان کرده اند

مطابق اطلاعات ثبت شده در سیستم مانیتورینگ خورشیدی شرکت توزیع برق استان ایلام با نصب ۱۰ کیلووات پنل فتوولتائیک ۱۶۳۹۵۰۸ کیلووات ساعت برق به شبکه سراسری تزریق کرده‌ایم و باعث کاهش ۱۱۰۴۷۷ تن دی‌اکسید کربن شده که معادل کاشت ۵۲۱۰۶ اصله درخت است و سالیانه ۴۰۹۸۹۰۹۵ لیتر معادل نفت خام صرفه‌جویی می‌شود.

۵- نتیجه‌گیری

همان‌طور که در متن مقاله مشاهده گردید کشور ایران در منطقه‌ای با میزان بالایی از جذب انرژی خورشیدی قرار گرفته است؛ بنابراین، باید سیاست‌ها و راهکارها طوری تنظیم شود که بتوان از این منبع انرژی بیشترین بهره را گرفت. سیستم‌های فتوولتائیک به صورت واحدهای متصل به شبکه سراسر برق یا مستقل از آن جهت تأمین انرژی الکتریکی به کار گرفته می‌شوند. به منظور تقویت شبکه‌ی سراسر برق و جلوگیری از فشار الکتریکی وارده بر نیروگاه‌ها در طی روز، استفاده از سیستم‌های فتوولتائیک متصل به شبکه سراسر برق به صورت متمرکز و یا غیرمتمرکز از جمله راه‌حل‌های این مشکل هست. در کوچک‌ترین حالت بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در یک ساختمان اداری به شکل فتوولتائیک مشاهده گردید با نصب ۱۰ کیلووات توان فتوولتائی سالانه کاهش ۳۹ درصدی مصرف انرژی الکتریکی در مجموعه سازمان و کاهش هزینه‌های انرژی الکتریکی که برای سازمان به ارمغان آمد. از دید ملی و اجتماعی نیاز سالیانه ساختمان شرکت توزیع برق استان ایلام با این اقدام کوچک خود بیش از ۱۱۰۴۷۷ تن از انتشار گاز (CO₂) جلوگیری کرده است و سالیانه در حدود ۴۰۹۸۹۰۹۵ لیتر معادل نفت خام صرفه‌جویی نموده است.

لذا اگر استفاده از انرژی خورشیدی به شکل فتوولتائیک را در سطح وسیع‌تری در کشور گسترش یابد شاهد اثرات زیست محیطی مانند کاهش وابستگی به منابع فسیلی، کاهش انتشار گازهای آلاینده از بخش‌های تولید و مصرف منابع انرژی که تأثیر اساسی بر گرمایش جهانی دارند، خواهیم بود.

۶- منابع

- 1) Yari, M., 2016. Investigating the use of renewable energy in different regions of Iran. In Proceedings 3th Third International Conference on Research in Science and Technology. 9th July, Berlin. Germany. pp.17 (In Persian with English abstract)
- 2) IPanwara, N.L. Kaushikb, S.C. and Kothari, S., 2011. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 15, 1513–1524.
- 3) Akkas, O.P. Erten, M.Y. Cam, E. and Inanc, N., 2017. Optimal Site Selection for a Solar Power Plant in the Central Anatolian Region of Turkey. International Journal of Photoenergy. 2017, pp.13
- 4) Papapostolou, A. Karakosta, C. and Doukas, H., 2017. Analysis of policy scenarios for achieving renewable energy sources targets: A fuzzy TOPSIS approach. Energy & Environment. 28(1–2), 88–109.
- 5) Tavanir Org. 2015. Electric Power Industry statistics in Iran. Available online at: <http://amar.tavanir.org.ir>
- 6) Science for Environment Policy, 201^o. Wind & Solar Energy and nature conservation. Future Brief 9 produced for the European Commission DG Environment. European Union.

- 7) Sayedi, H. Karbasi, A. Sohrabi, T. and Samadi, R. 2005. Environmental management of power plants. Ministry of Power (SANA). Iran.
- 8) Aqajani, H. Fattahi Moghadam, M. Akbari, H. and Fattahi, R., 2015. Location of wind turbines based on environmental assessment (case study: Khorasan Razavi province). Iranina journal of Energy. 18(1), 85-100. (In Persian with English abstract).
- 9) Seyyedani, M.H. and Abdollahi Sarvai, J., 2015. Renewables Energy. Global Status Report. France
- 10) Tavanir Org. 2014. Electric Power Industry statistics in Iran. Available online at: <http://amar.tavanir.org.ir>
- 11) Satba Org, 2018. The Criteria and Requirements for writing a feasibility study report. Available online at: <http://www.satba.gov.ir/>
- 12) Shariat, S.M., 2016. Environmental Impact Assessment. Wetland press. Iran
- 13) Leopold L. B. Clarke, F.E. Hanshaw, B.B. and Balsley, J.R., 1971. A procedure for Evaluating Environmental Impact. Geological Survey Circular 645, pp.13
- 14) Hosseini, S. Alimohammadi, M. Nabizadeh, R. and Dehghani, M.H., 2016. Environmental Impact Assessment of the fuel transmission line to combined cycle power Plant of Chabahar project using Iranian Matrix. Journal of Environmental Health Engineering. 4(1), 20-29. (In Persian with English abstract).
- 15) Pastakia, C.M.R. Jensen, A., 1998. The rapid impact assessment matrix (RIAM) For EIA. Environ Impact Assesmant Review. 18(5), 461-482.
- 16) Shoili, A.G. Farrokhi, M. Alizadeh, H., 2000. Selection of optimum option for sludge disposal in the Guilan province of Iran using rapid impact assessment matrix (RIAM). Water Resources and Environ Eng. 3(12), 288- 97. (In Persian with English abstract
- 17) Heydari, E.A. Alidadi, H. Sarkhosh, M. and Sadeghian, S., 2017. Zaveh cement plant environmental impact assessment using Iranian Leopold Matrix. Journal of Research in Environmental Health. 3(1), 84- 93. (In Persian with English abstract)
- 18) Valizadeh, S. and Shekari, Z., 2015. Evaluation of Iranian Leopold matrix application in the environmental impact assessment (EIA) of solid waste management options in Birjand city. Health and Environmental. 8(2), 249-62. (In Persian with English abstract)
- 19) Sajjadi, A.L. Aliakbari, Z. Matlabi, M. Biglari, H. and Rasouli, S.S., 2017. Environmental impact assessment of Gonabad municipal waste landfill site using Leopold Matrix. Electronic Physician. 9(2), 3714-3719.
- 20) Josimovic, B. Petric, J. and Milijic, S., 2014. The Use of the Leopold Matrix in Carrying Out the EIA for Wind Farms in Serbia. Energy and Environment Research. 4(1), 43-54
- 21) S. R. Forrest, The limits to organic photovoltaic cell efficiency, MRS Bulletin, Vol. 30, No. 1, pp. 28-32, 2005.
- 22) M. Knupfer, Exciton binding energies in organic semiconductors, Materials Science and Processing, Vol. 77, No. 5, pp. 623-626, 2003.
- 23) E. Ernst, H. VonFoerster, Electron bunches of short time duration, Journal of Applied Physics, Vol. 25, No. 5, pp. 674-675, 1954.
- 24) T. Saga, Advances in crystalline silicon solar cell technology for industrial mass production, NPG Asia Mater, Vol. 2, No. 3, pp. 96-102, 2010.
- 25) P. Sirimanne and V. Perera, Progress in dyesensitized solid state solar cells, Physica Status Solidi (b), Vol. 241, pp. No. 9, 1828- 1833, 2008.
- 26) D. Eder and A. H. Windle, carbon-inorganic hybrid materials: the carbon nanotube/TiO₂ interface, Advanced Materials, Vol. 20, No. 9, pp. 1787-1793, 2008
- 27) W. Schnabel, Polymers and light: fundamentals and technical applications. John Wiley & Sons. 2007.

- 28) B. O'regan, M. Grätzel, A low-cost, high- efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films, Nature, Vol. 353, No. 6346, pp. 737-740, 1991.
- 29) Kay, M. Graetzel, Artificial photosynthesis. 1. Photosensitization of titania solar cells with chlorophyll derivatives and related natural porphyrins, The Journal of Physical Chemistry, Vol. 97, pp. No. 23, 6272-6277, 1993.
- 30) K. Sayama, H. Sugihara, H. Arakawa, Photoelectrochemical properties of a porous Nb₂O₅ electrode sensitized by a ruthenium dye, Chemistry of Materials, Vol. 10, No. 12, pp. 3825-3832, 1998.
- 31) Q. Wang, S. Ito, M. Grätzel, F. Fabregat- Santiago, I. Mora-Sero, J. Bisquert, T. Bessho, H. Imai, Characteristics of high efficiency dye-sensitized solar cells, The Journal of Physical Chemistry B, Vol. 110, No. 50, pp. 25210-25221, 2006.
- 32) E. Palomares, J. N. Clifford, S. A. Haque, T. Lutz, and J. R. Durrant, Control of charge recombination dynamics in dye sensitized solar cells by the use of conformally deposited metal oxide blocking layers, Journal of the American Chemical Society, Vol. 125, No. 2, pp. 475-482, 2003.
- 33) G. Kumara, M. Okuya, K. Murakami, S. Kaneko, V. Jayaweera, K. Tennakone, Dye-sensitized solid-state solar cells made from magnesiumoxide-coated nanocrystalline titanium dioxide films: enhancement of the efficiency, Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Vol. 164, No. 1, pp. 183-185, 2004.
- 34) J. Bouclé, P. Ravirajan, J. Nelson, Hybrid polymer-metal oxide thin films for photovoltaic applications, Journal of Materials Chemistry, Vol. 17, No. 30, pp. 3141-3153, 2007.
- 35) A. Hagfeldt, M. Graetzel, Light-induced redox reactions in nanocrystalline systems, Chemical Reviews, Vol. 95, No. 1, pp. 49-68, 1995.
- 36) Q. Zhang, D. Myers, J. Lan, S. A. Jenekhe, G. Cao, Applications of light scattering in dye- sensitized solar cells, Physical Chemistry Chemical Physics, Vol. 14, No. 43, pp. 14982- 14998, 2012.
- 37) O. E. Semonin, J. M. Luther, S. Choi, H.-Y. Chen, J. Gao, A. J. Nozik, M. C. Beard, Peak external photocurrent quantum efficiency exceeding 100% via MEG in a quantum dot solar cell, Science, Vol. 334, No. 6062, pp.1530-1533, 2011.
- 38) P. V. Kamat, Boosting the efficiency of quantum dot sensitized solar cells through modulation of interfacial charge transfer, Accounts of Chemical Research, Vol. 45, No. 11, pp. 1906-1915, 2012.
- 39) S. J. Moon, Y. Itzhaik, J. H. Yum, S. M. Zakeeruddin, G. Hodes, M. Gratzel, Sb₂S₃- based mesoscopic solar cell using an organic hole conductor, The Journal of Physical Chemistry Letters, Vol. 1, No. 10, pp. 1524- 1527, 2010
- 40) C. Li, Y. Chen, Y. Wang, Z. Iqbal, M. Chhowalla, S. Mitra, A fullerene-single wall carbon nanotube complex for polymer bulk heterojunction photovoltaic cells, Journal of Materials Chemistry, Vol. 17, No. 23, pp. 2406-2411, 2007.
- 41) T.Randll." wind and solar are crushing fossil fuels, " 0604 2016. (online).Available: <http://www.bloomberg.com>.
- 42) EIA,"energy efficiency improvements avoided 870 milion tonnes co2 2014," 09102015.(online).Available: [http:// Cleantechnica.com](http://Cleantechnica.com).

۴۳) م. ح. سیدان و ج. عبدالهی ۴۲ سروی، "گزارشی وضعیت جهانی انرژی تجدید پذیر در ۲۰۱۵_ یافته های کلیدی،

REN21,۱۳۹۴

۴۴) ع. محمودی، "نفت همچنان عمده ترین منبع تولید برق در جهان،" ۱۳۹۵، ۵۱۸. (درون خطی):

.Available<http://news.gov.ir/detail?ANWID=39287>

- ۴۵) م. لشکری وب. اوند، " تجزیه و تحلیل انرژی و اکسرژی تولید برق از انرژی خورشید با فتولتاییک و یک متمرکز کننده، " در کنفرانس ملی بهینه سازی مصرف انرژی در علوم مهندسی، بابل، ۱۳۹۳.
- ۴۶) معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رئیس جمهور، راهنمای طراحی سیستم های فتولتاییک به منظور تامین انرژی الکتریکی به تفکیک اقلیم و کاربری، ضابطه شماره ۶۶۷، تهران: معاونت نظارت راهبردی وزارت نیرو، امور نظام فنی پژوهشگاه نیرو، ۱۳۹۳.
- ۴۷) طاهری اصل و ع. پزشکی، " بررسی اثرات تولید الکتریکی خورشیدی در یک ساختمان اداری، " در دهمین همایش بین المللی انرژی، تهران، ۱۳۹۳.
- ۴۸) امور مشترکین اداره برق شهرستان ایلام، " فروش انرژی کیلووات ساعت به تفکیک ناحیه و دوره و تعرفه در سال، " ایلام، ۱۳۹۵.
- ۴۹) مدیریت مصرف _ روابط عمومی، " صرفه جویی در مصرف برق ساختمان های اداری و دولتی، " شرکت توزیع نیروی برق استان ایلام، ایلام، ۱۳۹۵.
- ۵۰) ح. صادقی. م، نوری شیرازی و ک، بیابانی خامنه، " نقش تولید برق از منابع تجدید پذیر در کاهش گازهای گلخانه ای یک رویکرد اقتصاد سنجی، " نشریه انرژی ایران، جلد دوره ۱۷، شماره شماره ۳، ۱۳۹۳، ۲۳_۲۸ pp.

The effects of solar power plant on the environment in Iran

Solar energy is one of the most important types of new and renewable energy that, if it replaces fossil fuels, can end existing concerns about the end of life as well as environmental pollution caused by fossil energy carriers and price fluctuations and energy crises. Considering the high potential of solar energy in large areas of Iran, among energy sources, solar energy is more attractive for researchers. Today, many countries use solar power plants in grid-connected and grid-independent formats. The use of renewable energies is due to the reduction of dependence on oil and gas, sources that are less harmful to the environment, being cheap, permanent, clean, reducing fossil fuel consumption and reducing greenhouse gases, the ability to be used at home and on a large scale, and easy maintenance are some of the advantages of using renewable energy. They are from solar and wind energy, which have turned these features of renewable energy into the best and cleanest energies.

Keywords: solar energy, fossil fuel, environment, energy, greenhouse gases