

تحلیل میزان انرژی دریافتی و تولیدی سلولهای فتوولتائیک در نقاط منتخب ایران

مقاله علمی

چکیده:

در این تحقیق با در نظر گرفتن ۱۰ منطقه منتخب در کشور و با به کارگیری مدل تابش سنجی NRI، میزان انرژی تابش خورشید دریافتی بر واحد سطح سلولهای فتوولتائیک برای حالت‌های قرارگیری ثابت، ردیابی یک‌جهته و دو جهته مورد مقایسه قرار گرفته است. علاوه بر این، زاویه بهینه برای حالت‌های قرارگیری یاد شده محاسبه و اثر آن در افزایش انرژی دریافتی مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین با در نظر گرفتن مشخصات فنی دو نوع سلول فتوولتائیک، میزان انرژی الکتریکی قابل استحصال و راندمان تولید برق در حالت‌های مذکور، محاسبه و شهرها بر اساس انرژی دریافتی رتبه‌بندی شده‌اند. همچنین آثار پارامترهای مؤثر در راندمان سلولهای فتوولتائیک در مناطق انتخابی بررسی شده است.

واژه‌های کلیدی:

انرژی خورشیدی، سلول فتوولتائیک، راندمان تولید برق.

۱- مقدمه

انرژی خورشیدی در بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورمان می‌تواند به عنوان منبع سرشار و پاک جهت تأمین انرژی‌های حرارتی یا الکتریکی مورد استفاده قرار گیرد. یکی از مهمترین تجهیزات تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریکی سلولهای فتوولتائیک است. استفاده از سلولهای فتوولتائیک امروزه به سرعت در کشورهای مختلف جهان رواج یافته و همچنان رو به فزونی است. تعیین پتانسیل انرژی خورشیدی در نقاط مختلف و همچنین مقایسه حالت‌های مختلف قرارگیری سلولهای فتوولتائیک از نظر انرژی دریافتی و تولیدی اهمیت بسیاری دارد. لذا در این مقاله انرژی دریافتی و قابل استحصال دو نوع سلول فتوولتائیک ساخت داخل و خارج در حالت‌های ثابت، ردیابی یک محوره و ردیابی دو محوره در مناطق مختلف ایران با هم مقایسه شده‌اند. همچنین در حالت‌های ثابت و ردیابی تک محوره، اثر بهینه کردن زاویه نصب در انرژی تابشی دریافتی بررسی شده است. در این تحقیق انرژی تابشی در نقاط مختلف کشور با استفاده از مدل NRI محاسبه شده است [۱]. همچنین با انتخاب ۱۰ شهر در نقاط مختلف ایران، رتبه‌بندی بر اساس انرژی تابشی دریافتی انجام گرفته است.

مدل NRI همانند سایر مدل‌های تشعشع سنجی احتیاج به اطلاعات هواشناسی دارد،

جدول ۱- معرفی شهرهای مورد بررسی

نام شهر	عرض جغرافیایی	گروه	نام شهر	عرض جغرافیایی	گروه
بندر عباس	۲۷° ۱۳'	S-TH-CL	همدان - نوژه	۳۵° ۱۳'	M-TL-CM
شیراز	۲۹° ۳۳'	S-TM-CL	تهران - مهرآباد	۳۵° ۴۱'	M-TM-CM
کرمان	۳۰° ۱۵'	S-TM-CM	مشهد	۳۶° ۱۶'	N-TL-CM
زابل	۳۱° ۲'	M-TH-CL	رشت	۳۷° ۱۳'	N-TM-CH
یزد	۳۱° ۵۳'	M-TM-CL	اردبیل	۳۸° ۱۵'	N-TL-CH

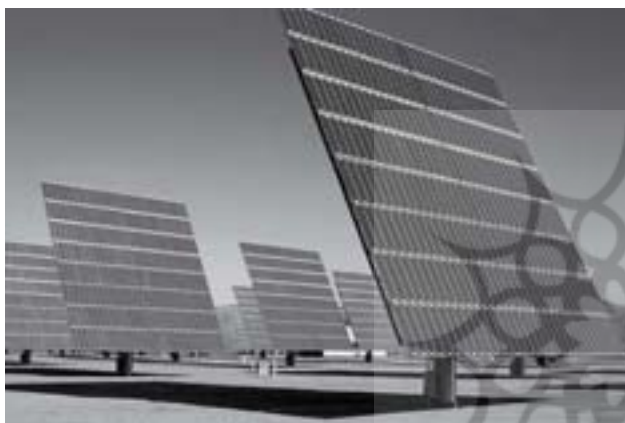
امیر اکبری
دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی شیمی
پژمان صالح ایزدخواست
کارشناس ارشد مهندسی هوافضا

حمیدرضا لاری
کارشناس ارشد مهندسی مکانیک

آرش حق پرست کاشانی
کارشناس ارشد مهندسی مکانیک



گروه انرژی‌های نو، پژوهشکده انرژی و محیط زیست، پژوهشگاه نیرو



لذا از اطلاعات سازمان هواشناسی کشور استفاده شده است [۲]. این اطلاعات برای ۲۱۷ ایستگاه سینوپتیک به طور کامل ارائه شده است. از آنجا که در مدل NRI میزان انرژی خورشیدی به عرض جغرافیایی، پارامتر ابرناکی و راندمان سلولهای فتوولتائیک به دمای محیط بستگی دارد، برای انتخاب این ۱۰ شهر، پراکندگی نسبت به این پارامترها رعایت شده است. بدین ترتیب محدوده تغییرات میانگین سالیانه این پارامترها برای ایستگاه‌های مذکور، برای دما و ابرناکی به ۳ قسمت بالا (۲۵ درصد بالای محدوده)، متوسط (۵۰ درصد میان) و پایین (۲۵ درصد پایین محدوده) و عرض جغرافیایی به سه منطقه شمالی (عرض جغرافیایی بالاتر از ۳۵)، مرکزی (عرض جغرافیایی بین ۳۰ تا ۳۵) و جنوبی (عرض جغرافیایی کمتر از ۳۰ درجه) تقسیم شده و شهرها بر اساس این تقسیمات گروه‌بندی شده است. در جدول (۱) ۱۰ شهر انتخابی برای انجام دادن این تحقیق ارائه شده است. منطقه شمالی با N، مرکزی با M و جنوبی با S مشخص شده است. گروه دمایی شهر با T (دمای بالا TH، دمای متوسط TM و دمای پایین TL) و گروه پارامتر ابرناکی با C (ابرناکی بالا CH، ابرناکی متوسط CM و ابرناکی پایین CL) نمادگذاری شده است.

۲- مواد و روشها

تخمین میزان انرژی دریافتی خورشید

در این تحقیق به منظور تخمین پتانسیل انرژی خورشیدی از مدل NRI استفاده شده است. در این مدل انرژی تابشی خورشید بر اساس زاویه ارتفاعی خورشید (Altitude Angle)، ضریب ابرناکی (Cloud Factor) و زاویه میل (Declination Angle) محاسبه می‌شود. مقادیر تابش مستقیم و پراکنده خورشید بر روی یک صفحه از روابط زیر محاسبه می‌شود [۱]:

$$I_{d,h} = F_d(\delta)[0.123 + 0.181\alpha + 10.43CF] \quad (1)$$

$$I_{b,h} = F_b(\delta)[1 - \exp(-0.075\alpha)] \quad (2)$$

که در آن منظور از $I_{b,h}$ شدت تابش مستقیم بر صفحه‌ای عمود بر تابش و $I_{d,h}$

تابش پراکنده بر یک صفحه افقی است. ضمناً α زاویه ارتفاعی و بر حسب درجه، CF ضریب ابرناکی و d زاویه میل است. همچنین:

$$F_d(\delta) = C_{d1}\delta + C_{d2} \quad (3)$$

$$F_b(\delta) = C_{b1}\delta + C_{b2} \quad (4)$$

$$C_{b1} = -563.8 \times 10^{-5} (KW/m^2/deg) \quad C_{b2} = 0.9876 (KW/m^2) \quad (5)$$

$$C_{d1} = -6.9 \times 10^{-5} (KW/m^2/deg) \quad C_{d2} = 0.0121 (KW/m^2) \quad (6)$$

تابش کل دریافتی توسط یک صفحه دلخواه را می توان به صورت زیر نوشت [۳]:

$$I_{t,a} = I_{b,a} + I_{d,a} \quad (7)$$

که در آن $I_{b,a}$ نشانه تابش مستقیم و $I_{d,a}$ نشانه تابش پراکنده دریافتی صفحه است. در این روابط:

$$I_{d,a} = I_{d,h} \left(\frac{1 + \cos \beta_i}{2} \right) + \rho_{alb} I_{t,h} \left(\frac{1 - \cos \beta_i}{2} \right) \quad (8)$$

$$I_{b,a} = I_{b,n} \cos \theta_i \quad (9)$$

که در آن θ_i زاویه برخورد (زاویه تشعشع خورشید با بردار نرمال صفحه)، β_i شیب صفحه نسبت به افق، ρ_{alb} ضریب بازتابش سطح زمین (Albedo) و $I_{t,h}$ و $I_{b,h}$ شدت تابش کلی بر روی یک سطح افقی است:

$$I_{t,h} = I_{b,n} \cos(90 - \alpha) + I_{d,h} \quad (10)$$

انرژی دریافتی متوسط در یک بازه زمانی (نظیر ماه، فصل یا سال) به صورت زیر تعریف می شود:

$$H_{x,a} = \frac{1}{n_f - n_s + 1} \sum_{n=n_s}^{n_f} \left[\int_{sunrise}^{sunset} I_{x,a} dt \right]_n \quad x: b, d, t \quad (11)$$

که در آن n و n_s و n_f به ترتیب شماره روز مورد نظر، ابتدا و انتهای بازه زمانی بوده (شروع شماره گذاری از اول ژانویه) و حدود انتگرال گیری زمان طلوع و غروب خورشید در هر روز است [۳]. همچنین x در رابطه بالا معرف تابشهای مستقیم (Beam)، پراکنده (Diffused) یا کل (Total) است.

زاویه برخورد θ_i برای هر صفحه که با زاویه انحراف β (Tilt Angle) نسبت به افق و با زاویه سمتی γ (Aperture Azimuth Angle) نسبت به محور شمال قرار داشته باشد بر حسب زاویه میل خورشید δ و زاویه ساعت ω و عرض جغرافیایی f (Latitude) در هر لحظه قابل محاسبه است [۳]. برای یک صفحه ثابت، زاویه برخورد مطابق رابطه زیر به دست می آید:

$$\cos \theta_i = \cos \beta (\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega) - \cos \delta \sin \omega \sin \beta \sin \gamma + \sin \beta \cos \gamma (\sin \delta \cos \phi - \cos \delta \cos \omega \sin \phi) \quad (12)$$

در این حالت $\beta_i = \beta$ است. چنانچه صفحه ای دارای یک محور ردیابی با زاویه انحراف β نسبت به افق و زاویه سمتی γ باشد، در هر لحظه می توان زاویه برخورد را برای آن از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\cos \theta_i = \sqrt{1 - \{\cos(\alpha - \beta) - \cos \beta \cos \alpha [1 - \cos(A - \alpha)]\}^2} \quad (13)$$

که در آن A زاویای سمتی خورشید (Azimuth Angle) است. در این صورت شیب این صفحه در هر لحظه با افق مطابق با رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\cos \beta_i = \frac{\cos \rho}{\sqrt{1 + \sin^2 \beta}} \quad (14)$$

$$\tan \rho = \frac{\cos \alpha \sin(A - \gamma)}{\sin(\alpha - \beta) + \sin \beta \cos \alpha [1 - \cos(A - \gamma)]} \quad (15)$$

همچنین در صورتی که صفحه مجهز به یک سیستم ردیابی دو محوره باشد، برخورد تشعشع خورشید به آن همواره به طور قائم بوده و زاویه برخورد θ_i صفر است. لذا:

$$\cos \theta_i = 1 \quad (16)$$

و در این صورت $\beta_i = 90 - \alpha$ است. در این تحقیق، در معادله (۱۱) انتگرال گیری با استفاده از روش سیمپسون (Simpson) با گام ۱۵ دقیقه انجام گرفته [۴] و بدین ترتیب میزان انرژی دریافتی در حالت های مختلف محاسبه شده است. همچنین برای تعیین زاویه بهینه، انرژی متوسط دریافتی در هر بازه زمانی $H_{x,a}$ نسبت به β ماکزیمم شده است. به این منظور روش حل تکراری هیل - کلایمینگ (Hill-Climbing) به کار رفته است [۵].

تخمین میزان انرژی استحصالی با سلولهای فتوولتائیک

از جمله مهمترین پارامترهای مؤثر در توان تولیدی سلولهای فتوولتائیک، دما و شدت تابش است. در شدت تابش ورودی ثابت، افزایش دمای سلول باعث کاهش ولتاژ شده ولی تأثیر کمی در شدت جریان سلول می گذارد و قابل صرف نظر کردن است [۶]. در دمای ثابت با افزایش شدت تشعشع ورودی، شدت جریان خروجی نیز افزایش می یابد. تأثیر شدت تابش در ولتاژ ناچیز بوده و قابل صرف نظر کردن است. برای بررسی کارایی یک سلول فتوولتائیک، عملکرد آن در شرایط معین نسبت به شرایط مبنا سنجیده می شود [۶]. برای این سلولها دو نوع شرایط مبنا به نامهای استاندارد و نامی تعریف می شود. استانداردهای تولیدکننده سلولهای خورشیدی، توان (توان ماکزیمم) سلول را در شرایط استاندارد ($P_{m,Std}$) و دمای سطح سلول را در شرایط نامی ($NOCT$) برای محصولات خود ارائه می کند. با فرض افزایش خطی شدت جریان با شدت تابش در دمای ثابت و با صرف نظر کردن از تأثیر آن در ولتاژ، تغییرات توان سلول بر حسب دما و شدت تابش به صورت زیر به دست می آید [۶]:

$$P_m(T_c, I) = [P_{m,Std} + \alpha_p(T_c - T_a)] \frac{I}{I_{Std}} \quad (17)$$

که در آن α_p شیب خط توان سلول بر حسب دما، I شدت تابش دریافتی و I_{Std} معادل ۱۰۰۰ وات بر متر مربع است. بنابراین راندمان سلول به صورت زیر خواهد بود:

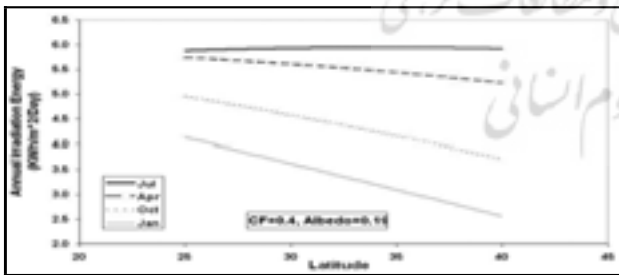
$$\eta = \frac{P_m(T_c, I_{t,a})}{I_{t,a} A_{module}} \quad (18)$$

که در آن A_{module} سطح یک ماژول فتوولتائیک است. به این ترتیب با توجه به رابطه (۱۱)، انرژی الکتریکی استحصالی از سلول فتوولتائیک به صورت زیر محاسبه می شود:

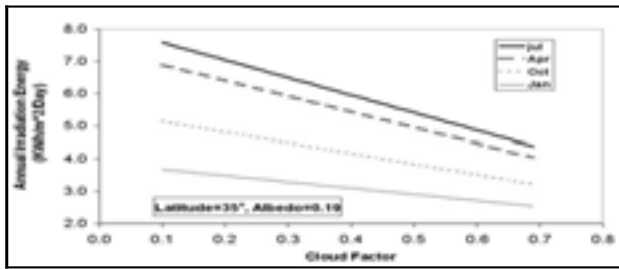
$$E = \frac{1}{n_f - n_s + 1} \sum_{n=n_s}^{n_f} \left[\int_{sunrise}^{sunset} \eta I_{t,a} dt \right]_n \quad (19)$$

۳- تحلیل نتایج

همانطور که ذکر شد پارامترهای مؤثر در انرژی دریافتی، عرض جغرافیایی و پارامتر ابرناکی است. لذا در ابتدا، با بررسی اثر این پارامترها در میزان انرژی دریافتی متوسط ماهیانه، بدون توجه به اینکه اطلاعات (عرض جغرافیایی یا ضریب ابرناکی) مربوط به شهر خاصی باشد، با در نظر گرفتن محدوده تغییرات این پارامترها در ایران، عملکرد مدل پتانسیل سنجی NRI به صورت تئوری مورد بحث قرار گرفته است. در شکل (۱) اثر تغییر عرض جغرافیایی در میزان انرژی دریافتی متوسط ماهیانه توسط یک صفحه افقی در ضریب ابرناکی و ضریب انعکاس سطح معین برای ۴ ماه منتخب سال نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود به طور کلی انرژی دریافتی متوسط رابطه معکوس با عرض جغرافیایی دارد. این اثر در ماه های گرمتر سال کمتر است. در شکل (۲) اثر تغییر ضریب ابرناکی در میزان انرژی دریافتی متوسط ماهیانه توسط یک صفحه افقی در عرض جغرافیایی و ضریب انعکاس سطح معین برای ۴ ماه منتخب سال نشان داده شده است. ملاحظه می شود به طور کلی میزان انرژی دریافتی متوسط رابطه معکوس با ضریب ابرناکی دارد. این اثر در ماه های گرمتر سال تشدید می شود.



شکل ۱- اثر عرض جغرافیایی در انرژی دریافتی



شکل ۲- اثر ضریب ابرناکی در انرژی دریافتی

جدول (۲) - سیستمهای خورشیدی مورد بررسی

سیستم	علامت اختصاری	سیستم	علامت اختصاری
ثابت افقی	H.F.	رديابی شمالی - جنوبی	H.S.T.(NS)
ثابت در زاویه بهینه	O.F.	رديابی شمالی - جنوبی در زاویه بهینه	O.S.T.(NS)
رديابی شرقی - غربی	H.S.T.(WE)	رديابی دو محوره	F.T.

مشخصات سلولهای فتوولتائیک مورد بررسی در این مطالعه در جدول (۳) ارائه شده است.

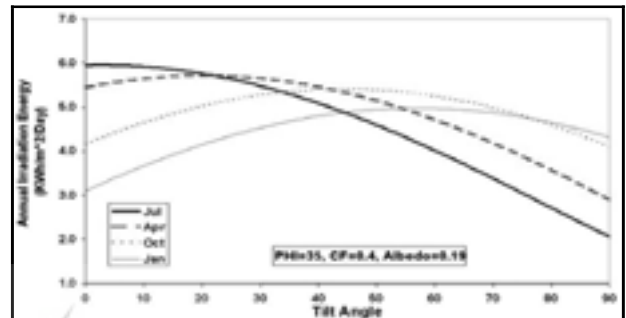
جدول (۳) - مشخصات سلولهای فتوولتائیک مورد بررسی

شرکت سازنده	مدل	علامت اختصاری	$\alpha_p (W / ^\circ C)$	NOCT (C)	P_{max} (W)	A_{module} (m ²)
[M]S.G.C.C	36/45	PV.1	-0.267	45	45	0.76
[A]PHOTOWATT	PW6-230	PV.2	-0.9905	45	230	1.62

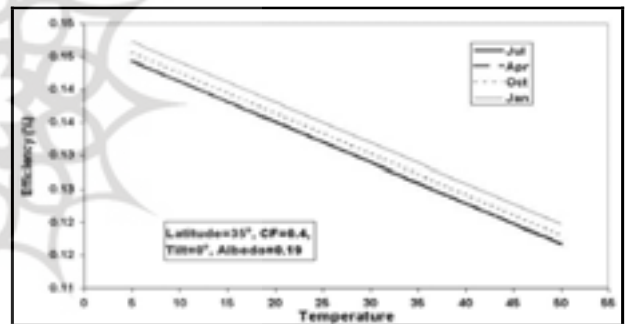
شکل (۵) میزان انرژی دریافتی مستقیم، پراکنده و کلی ۶ سیستم برای شهر شیراز را نشان می‌دهد. در مجموع برای همه ماهها میانگین انرژی کل دریافتی بر حسب نوع سیستم تقریباً به ترتیب جدول (۲) افزایش پیدا می‌کند. یعنی صفحه افقی کمترین و رديابی دو محوره بیشترین انرژی را دریافت می‌کند. این رفتار برای ماههای نوامبر، دسامبر و ژانویه برای H.S.T.(NS) و H.S.T.(WE) به دلیل کاهش زاویه ارتفاعی خورشید معکوس می‌شود. زیرا رديابی شرقی - غربی اثر کسینوسی (Cosine Effect) را نسبت به زاویه ارتفاعی و رديابی شمالی - جنوبی آن را نسبت به زاویه سمتی تصحیح می‌کند. بنابراین با افزایش عرض جغرافیایی یا در ماههای سرد سال (زوایای ارتفاعی پایین) انتظار می‌رود رديابی شرقی - غربی بهتر از شمالی - جنوبی عمل کند. همچنین در همین ماهها با وجود این که انرژی دریافتی مستقیم در O.S.T.(NS) از F.T. کمتر است، ولی میزان انرژی کل دریافتی آن از F.T. کمی بیشتر است که علت آن افزایش قابل توجه انرژی تابشی پراکنده برای سیستم O.S.T.(NS) در این ماهها نسبت به F.T. است.

شکل (۶) میزان انرژیهای دریافتی و استحصالی متوسط سالیانه ۶ سیستم یاد شده برای دو نوع سلول جدول (۳) در ۱۰ شهر منتخب ارائه می‌دهد. ملاحظه می‌شود که با توجه به گروه بندی ارائه شده در جدول (۱)، روند تغییرات انرژیهای دریافتی و استحصالی بر حسب عرض جغرافیایی، ضریب ابرناکی و دما به‌طور کامل با تحلیل‌های ارائه شده در مورد شکل‌های (۱) تا (۴) سازگاری دارد. به علاوه مشاهده می‌شود که برای تمامی شهرها، انرژی استحصالی کل متوسط سالیانه PV.1 حدوداً ۱۰ درصد کمتر از PV.2 است. شکل (۷) میزان انرژی کل دریافتی متوسط برای شهر یزد را برای سیستمهای مختلف نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، افزایش دریافت انرژی متوسط سالیانه دقیقاً از ترتیب جدول (۲) پیروی می‌کند یعنی F.H. کمترین و F.T. بیشترین میزان دریافت انرژی را در سال دارد. اگرچه نتایج مربوطه ارائه نشده، ولی این الگو برای تمامی شهرهای مورد بررسی مشاهده شده است. در شکل (۸) راندمان متوسط سالیانه دو سیستم PV.1 و PV.2 را برای سیستمهای مختلف مورد بررسی در شهر یزد نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود راندمان هر دو نوع سلول تقریباً برای تمامی سیستمها یکسان است. در این شکل نیز مشخص است که راندمان عملکرد PV.2 در مقایسه با PV.1 به میزان حدوداً ۲ درصد بیشتر است.

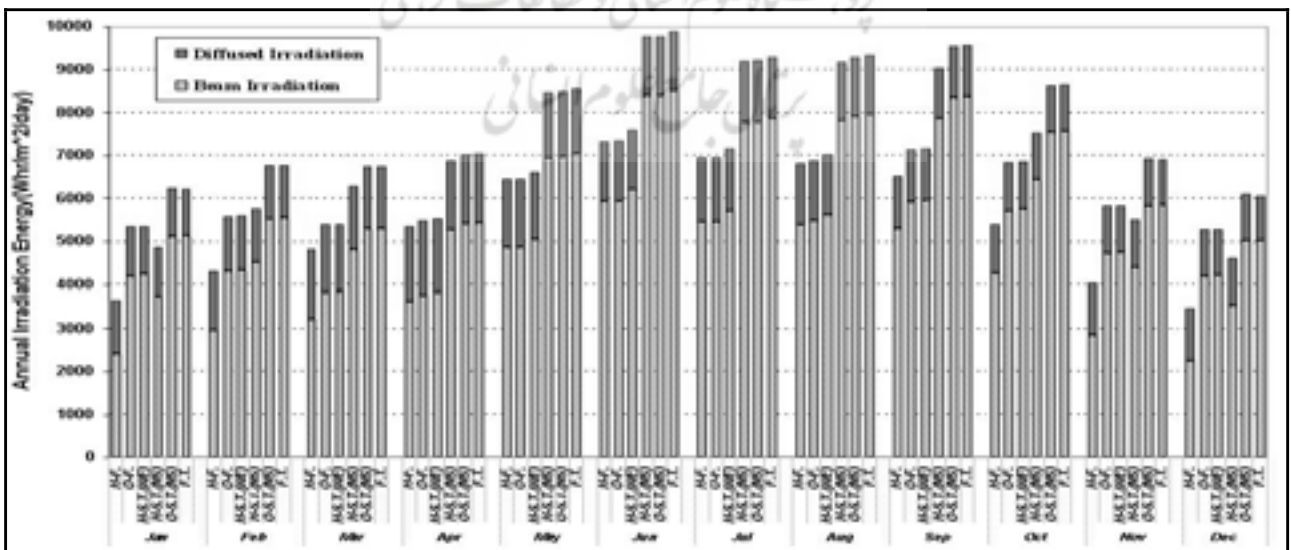
شکل (۳) تغییرات میزان انرژی دریافتی متوسط ماهیانه توسط یک صفحه بر حسب زاویه انحراف (β) را در ضریب ابرناکی، عرض جغرافیایی و ضریب انعکاس سطح معین برای ۴ ماه منتخب سال نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود، منحنی انرژی دریافتی بر حسب زاویه انحراف، دارای یک مقدار ماکزیمم است. در نتیجه در این گونه سیستمها به منظور دریافت حداکثر انرژی، یافتن زاویه بهینه از اهمیت برخوردار است. همچنین دیده می‌شود که مقدار زاویه بهینه در ماههای گرمتر سال، پایینتر است. در شکل (۴) تأثیر دما (به طور مستقیم) و شدت تابش (به طور غیر مستقیم) یعنی با تغییر ماههای سال) بر راندمان متوسط ماهانه یک نمونه سلول فتوولتائیک افقی در عرض جغرافیایی، ضریب ابرناکی و ضریب انعکاس سطح معین برای ۴ ماه منتخب سال نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که راندمان به صورت تقریباً خطی با دما کاهش پیدا می‌کند. در دمای ثابت، راندمان در ماههای سرد سال بیشتر است یعنی راندمان با شدت تابش نسبت معکوس دارد. برای مقایسه انرژی دریافتی و همچنین انرژی قابل استحصال در شهرهای مختلف، سیستمهای مورد بررسی در جدول (۲) فهرست شده است.



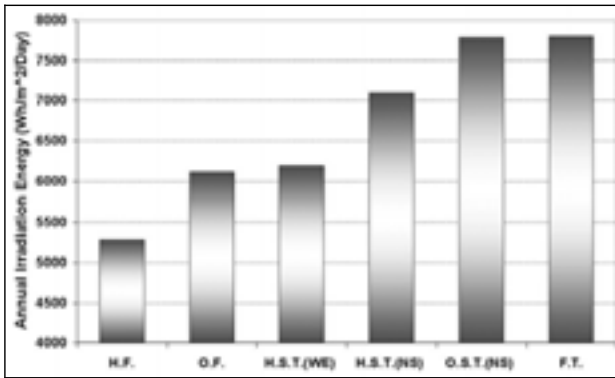
شکل ۳- اثر زاویه انحراف در انرژی دریافتی



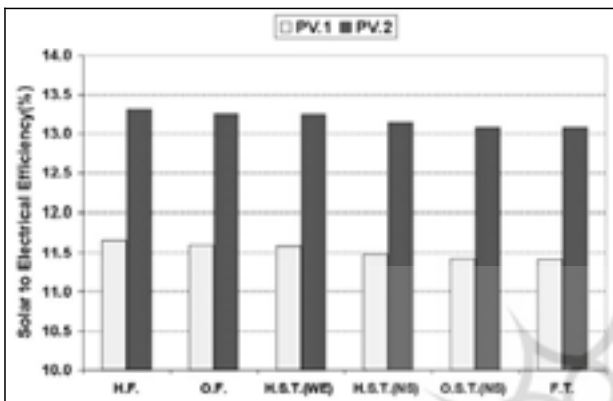
شکل ۴- اثر دما در راندمان یک سلول فتوولتائیک



شکل (۵) - میزان انرژی دریافتی مستقیم، پراکنده و کلی ۶ سیستم برای شهر شیراز



شکل ۷- انرژی کل دریافتی ۶ سیستم در یزد



شکل ۸- راندمان PV.1 و PV.2 برای ۶ سیستم در یزد

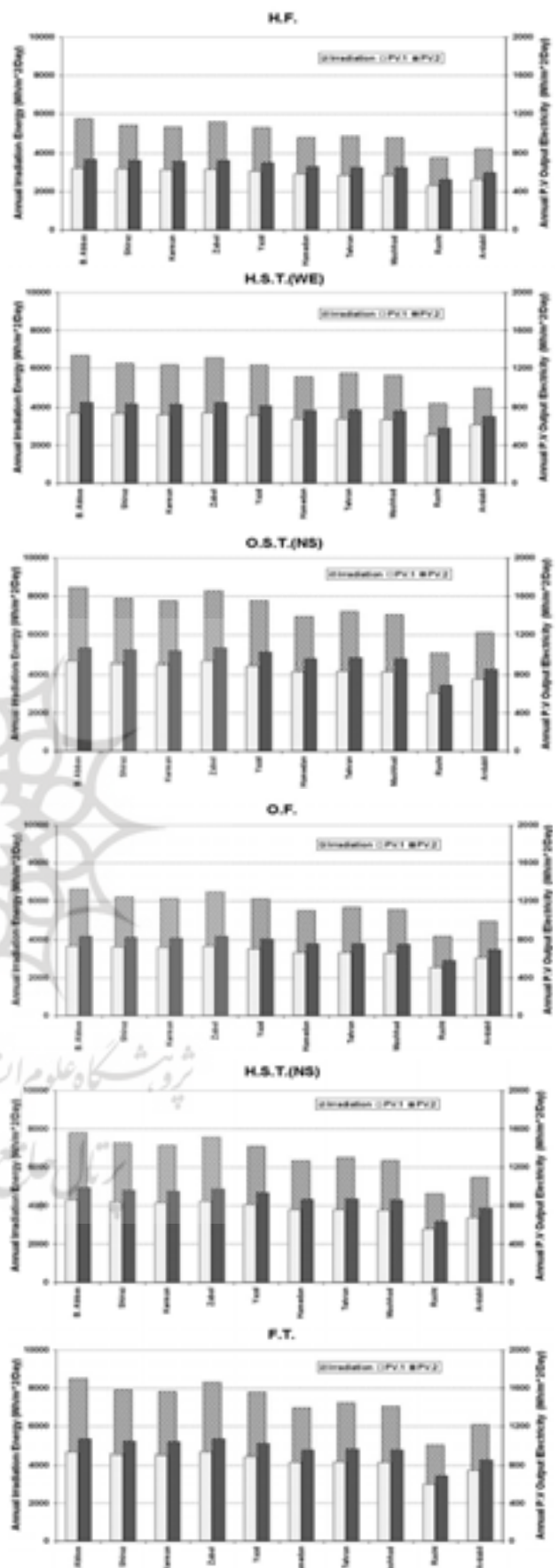
جدول ۴- اثر بهینه کردن زاویه انحراف در انرژی دریافتی سالیانه

City Name	Fixed		Single Axis Tracking	
	Monthly	Annual	Monthly	Annual
BandarAbbas	14.8	8.2	8.4	5.2
Shiraz	14.5	8.3	8.7	5.6
Kerman	15.3	9.1	9.1	6.0
Zabol	16.1	9.6	9.7	6.4
Yazd	15.6	9.4	9.6	6.4
Hamedan	14.8	9.5	9.8	6.7
Tehran	17.3	11.4	10.6	7.6
Mashhad	16.6	10.8	10.5	7.5
Rasht	11.0	7.0	8.8	5.8
Ardabil	16.4	11.1	11.3	8.1

در جدول (۴) درصد افزایش دریافت انرژی متوسط سالیانه برای صفحه ثابت و صفحه دارای ردیابی تک محوره شمالی-جنوبی به ترتیب نسبت به صفحه ثابت افقی و صفحه افقی دارای ردیابی تک محوره شمالی-جنوبی در دو حالت بهینه‌سازی ماهانه و سالانه برای ۱۰ شهر منتخب ارائه شده است. همانطور که نشان داده شده، بهینه کردن زاویه انحراف در حالت ثابت به طور متوسط ۱۵ درصد در حالت ماهانه و ۹ درصد برای حالت سالانه و در حالت ردیابی تک محوره ۱۰ درصد در حالت ماهانه و ۶ درصد برای حالت سالانه انرژی دریافتی را نسبت به حالت افقی افزایش داده است. بنابراین بهینه کردن زاویه انحراف در سیستم‌های تک محوره اثر کمتری روی افزایش انرژی دریافتی نسبت به سیستم‌های ثابت دارد. در جدول (۵) رتبه بندی ۱۰ شهر بر اساس انرژی دریافتی متوسط سالیانه برای ۶ سیستم ارائه شده است.

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق محاسبات پتانسیل سنجی انرژی خورشیدی برای ۱۰ شهر و برای ۶ سیستم مختلف فتوولتائیک با استفاده از مدل پتانسیل سنجی NRI انجام گرفت. این بررسی‌ها نشان می‌دهد که ردیابی شرقی - غربی نسبت به شمالی - جنوبی و سیستم O.S.T.(NS) نسبت به F.T. در مواقعی که زاویه ارتفاعی کمتر است، بهتر عمل می‌کند.



شکل ۶- میزان انرژی‌های دریافتی و استحصالی متوسط سالیانه ۶ سیستم یاد شده برای دو نوع سلول

جدول ۵- رتبه‌بندی ۱۰ شهر منتخب بر اساس انرژی دریافتی متوسط سالیانه

System Type	H.F	O.F	H.S.T.(WE)	H.S.T.(NS)	O.S.T.(NS)	F.T.
City Name	B. Abbas	B.Abbas	B.Abbas	B.Abbas	B.Abbas	B.Abbas
	Zabol	Zabol	Zabol	Zabol	Zabol	Zabol
	Shiraz	Shiraz	Shiraz	Shiraz	Shiraz	Shiraz
	Kerman	Kerman	Kerman	Kerman	Kerman	Kerman
	Yazd	Yazd	Yazd	Yazd	Yazd	Yazd
	Tehran	Tehran	Tehran	Tehran	Tehran	Tehran
	Hamedan	Mashhad	Mashhad	Mashhad	Mashhad	Mashhad
	Mashhad	Hamedan	Hamedan	Hamedan	Hamedan	Hamedan
	Ardabil	Ardabil	Ardabil	Ardabil	Ardabil	Ardabil
	Rasht	Rasht	Rasht	Rasht	Rasht	Rasht

جدول ۶- زوایای بهینه محاسبه شده به صورت ماهیانه و سالیانه ثابت و ردیابی یک محوره

City Name	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Ann.	Lat.	
Fixed	B.Abbas	49.9	44.5	30.5	14.4	0.4	-6.7	-3.7	9.7	24.8	40.7	51.1	54.8	27.1	27.2
	Shiraz	49.8	46.6	30.7	15.4	2.4	-4.4	-1.6	12.0	26.3	41.4	50.7	54.3	28.3	29.5
	Kerman	50.5	47.4	32.2	16.6	3.2	-3.8	-0.9	12.8	27.9	43.4	52.9	56.1	30	30.3
	Zabol	51.3	47.8	31.9	16.8	3.6	-3.0	-0.2	13.2	27.2	42.2	52.3	55.7	29.3	31.0
	Yazd	52.0	48.3	32.2	16.9	4.3	-2.3	0.6	14.3	28.1	42.8	51.9	52.9	29.7	31.9
	Hamedan	55.1	49.6	33.3	18.5	6.9	0.5	3.2	17.3	31.0	44.5	52.6	52.7	27.6	35.2
	Tehran	55.8	52.8	36.7	21.2	8.1	1.0	4.0	18.2	33.4	47.3	55.9	56.0	33.7	35.7
	Mashhad	56.3	52.0	34.4	20.4	8.4	1.5	4.4	18.7	33.3	47.3	55.7	55.2	32.8	36.3
	Rasht	56.6	43.1	29.7	18.1	8.0	2.0	4.7	18.3	27.2	37.3	47.3	54.5	25.5	37.2
	Ardabil	58.2	52.6	35.6	21.0	9.3	2.9	5.9	19.6	28.8	40.6	50.2	55.8	30.1	38.3
Single Axis Tracking	B.Abbas	48.8	44.4	33.9	16.5	4.3	-2.0	3.6	10.0	25.0	39.1	49.5	54.2	27.2	27.2
	Shiraz	49.8	46.7	35.7	17.4	6.0	0.2	2.7	12.3	26.7	40.6	51.0	55.6	29.4	29.5
	Kerman	50.5	47.5	37.1	18.8	7.2	1.1	6.7	13.0	28.0	41.8	52.2	56.5	30.2	30.3
	Zabol	51.6	48.2	36.6	18.9	7.4	1.6	4.0	13.7	27.8	41.9	52.6	57.1	30.9	31.0
	Yazd	52.1	49.1	37.6	19.2	8.0	2.3	4.8	14.6	28.7	42.6	53.0	57.6	31.7	31.9
	Hamedan	55.4	52.4	41.2	21.6	10.7	5.4	8.0	17.9	31.8	45.3	55.5	55.6	34.9	35.2
	Tehran	55.9	52.9	42.9	23.7	12.3	6.7	12.2	18.5	33.4	46.7	56.7	57.3	35.5	35.7
	Mashhad	56.5	53.5	43.3	23.3	12.4	7.0	9.7	19.0	33.6	47.1	57.2	57.3	36.1	36.3
	Rasht	57.3	54.4	44.0	21.8	11.5	6.6	12.8	19.8	27.4	38.4	49.4	54.8	36.9	37.2
	Ardabil	58.4	55.4	44.4	24.3	13.0	7.9	10.5	20.9	29.8	42.8	53.7	58.7	38.0	38.3

الگوی مشابهی برای انرژی دریافتی و استحصالی بر حسب شهرهای مورد بررسی برای سیستمهای مختلف مشاهده شد.

راندمن سلولهای فتولتائیک نسبت به سیستمهای مختلف حساسیت بسیار کمی نشان می‌دهد. زوایای بهینه به دست آمده سالانه مؤید قاعده تخمینی تساوی زاویه انحراف با عرض جغرافیایی محل (به خصوص برای ردیابی تک محوره) است. استفاده از زاویه بهینه سالانه جایگزین مناسبی برای قراردادن صفحه در هر ماه در زاویه بهینه است. در بین شهرهای مورد بررسی سه شهر بندرعباس، زابل و شیراز به ترتیب بهترین مناطق برای استفاده از سلولهای فتولتائیک برای کلیه حالات مورد بررسی‌اند. ■

مراجع

- ۱- حق‌پرست کاشانی، آ. و همکاران «تدوین یک مدل بهینه جهت محاسبه میزان تابش خورشید در ایران» بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق، تهران، آبان ۱۳۸۶.
- ۲- سازمان هواشناسی کشور «شناسنامه اقلیمی»، ۲۰۰۵-۱۹۵۱، www.weather.ir
- 3 -Stine W .B. ,Harrigan R .W” ,Solar Energy Fundamentals and Design ,with computer Applications ,“John Wiley & Sons ,Inc., Canada.1985 ,
- 4 -Gerald ,C & .Wheatley ,P” ,Applied Numerical Analysis4 ,”th Edition ,ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY,1989 ,
- 5 -Jenson ,V.G .,and Jeffreys ,G.V” ,Mathematical Methods in Chemical Engineering,” Academic Press, 2nd En, 1977.
- 6- Tomas Markvart, "Solar Electricity", John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994.
- ۷- کاتالوگ محصولات شرکت کابل‌های مخابراتی شهید قندی (S.G.C.C.)،www.sgccir.com
- 8- Productions Catalogue of PHOTOWATT Corporation, www.photowatt.com

گروه علمی - فرهنگی رسانا وابسته به دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف برگزار می‌کند

سمینار «شبکه ارتباطات سیار، چالشها و چشم اندازها»

آبادی، مهندس مهدوی، دکتر شیبانی
 * تولید تکنولوژی
 با ارائه سخنرانی کلیدی در زمینه چشم‌انداز صنعت SMS توسط دکتر جلیلی و سخنرانهای دیگر
 * نقش در اپراتوری
 با ارائه سخنرانی‌هایی از شرکت‌های اریکسون، آریا همراه سامانه، کاوشکام آسیا
 * Mobile TV
 با ارائه سخنرانی از صدا و سیما و شرکت‌های تکتا، میکروموج، اریکسون



گروه علمی - فرهنگی رسانا وابسته به دانشکده مهندسی برق دانشگاه صنعتی شریف در نظر دارد سمیناری را با عنوان «شبکه ارتباطات سیار، چالشها و چشم‌اندازها» در ۲ بخش کارگاه‌های آموزشی و علمی به ترتیب در روزهای ۲۲-۲۳ و ۲۴-۲۵ مهرماه جاری در محل دانشگاه صنعتی شریف برگزار کند که هم زمان با این سمینار، نمایشگاهی از دستاوردهای بخش صنعت نیز دایر خواهد بود.

هر آیین سمینار، نشست‌های علمی یا موضوعی، زیر پرگزار می‌شود

در این سمینار، کارگاه‌های آموزشی با عناوینی از قبیل: معرفی بخش‌های هسته و رادیو در شبکه 3G، دسترسی سرعت بالا در 3G+ Mobile TV به متقاضیان آموزش داده خواهد شد. همچنین در تاریخ ۲۴ مهرماه با همکاری گروه تخصصی طیف ۲ کارگاه آموزشی با عنوان‌های «طراحی مدل تجاری مناسب در بخش مخابرات» و «قابلیت انتقال شماره تلفن همراه (number portability)» مخصوص مدیران و کارشناسان در محل دانشگاه شریف برگزار می‌شود.

* آینده موبایل 3G
 * بحث‌های مرتبط با 3G, WIMAX, LTE و ...
 با ارائه سخنرانی توسط آقای Lawrence Sarresh و نمایندگانی از شرکت‌های فنون ارتباطات سیار و مرکز تحقیقات ایران
 * تولید داخل
 با ارائه سخنرانی‌های کلیدی توسط دکتر کرم‌پور، مهندس مطلع، دکتر ابراهیم

* آخرین مهلت ثبت نام برای حضور در این سمینار ۱۰ مهرماه است. (تا پیش از این تاریخ باید هزینه ثبت نام به شماره حساب داده شده واریز شود). بدین وسیله از تمامی دانشجویان و افرادی که تمایل به حضور در این سمینار دارند، تقاضا می‌شود برای کسب اطلاعات بیشتر به آدرس اینترنتی «شبکه ارتباطات سیار، چالشها و چشم‌اندازها» www.mcnc.ir مراجعه کنند یا با شماره ۰۶۹۰۶۶۱۶۴ دپویرخانه سمینار «شبکه ارتباطات سیار، چالشها و چشم‌اندازها» تماس حاصل فرمایند.