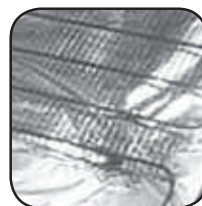
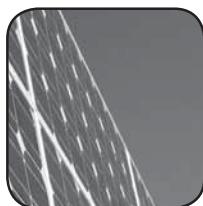


تحلیل و تعیین بهینه زوایای جنوبی و شیب گیرنده آبگرمکن خورشیدی

نویسندگان:

امید گزانه، رامین خلیلی خسروشاهی

شرکت مهندسی مشاور ساختمان‌های هوشمند خاورمیانه (CBIM)



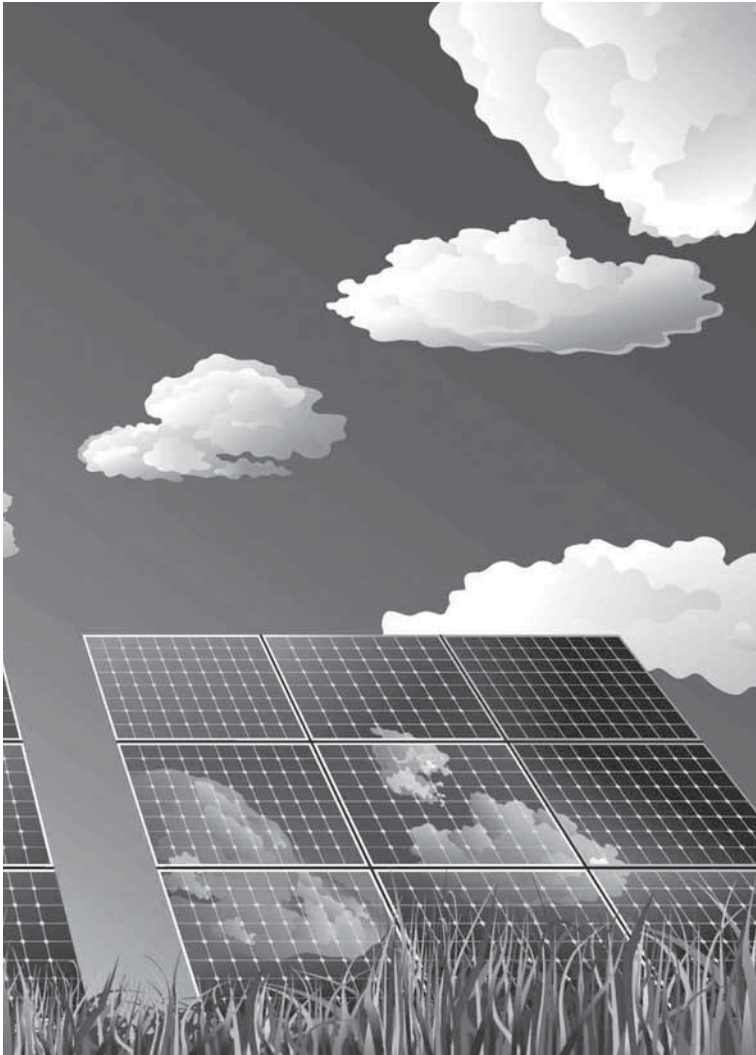
چکیده

کشور ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه‌ای واقع شده است که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین مناطق مختلف جهان در بالاترین رده‌ها قرار گرفته است. یکی از کاربردهای انرژی خورشیدی، استفاده در سامانه‌های گرمایش مانند آبگرمکن خورشیدی می‌باشد و از مهمترین اجزای آبگرمکن خورشیدی گیرنده می‌باشد. بازده گیرنده‌های خورشیدی وابستگی زیادی به شار تابش ورودی به آنها دارد. بنابراین لازم است زاویه گیرنده با افق و زاویه جنوبی آن به گونه‌ای تعیین شوند که بیشترین شار تابشی خورشید به گیرنده برسد. در این مقاله به تحلیل زاویه قرارگیری گیرنده نسبت به افق و زاویه جنوبی گیرنده در دو شهر تبریز و اصفهان می‌پردازیم و پس از ارزیابی‌های صورت گرفته مشاهده خواهیم کرد که برای شهر تبریز زوایای بهینه ذکر شده ۳۰ و ۱۷۰ درجه و برای شهر اصفهان ۲۵ و ۱۷۵ درجه خواهند بود که با در نظر گرفتن این زوایا برای شهر تبریز ۸ کیلووات ساعت و برای شهر اصفهان ۱۱ کیلووات ساعت نسبت به حالت معمول می‌توان انرژی بیشتری ذخیره کرد.

کلیدواژه: انرژی خورشیدی، آبگرمکن خورشیدی، گیرنده، شار تابشی، زوایای بهینه

۱- مقدمه

نگرانی‌هایی که در زمینه تغییرات آب و هوایی ناشی از انتشار گازهای کربنی در جو وجود دارد [۱]، تمام کشورهای دنیا را مجبور کرده است تا به دنبال یافتن راه‌هایی برای کاهش میزان انتشار این گازها باشند. در یک قرن اخیر استفاده از سوخت‌های فسیلی و متعاقب آن آلودگی‌های زیست‌محیطی، در کشور ما و دیگر کشورها به معضلی بزرگ تبدیل شده است. با توجه به وابستگی روزافزون مردم به این سوخت‌ها و ناپایدار بودن عمر مخازن نفت و گاز و همچنین آلودگی‌های زیست‌محیطی در نتیجه استفاده از این سوخت‌ها که باعث افزایش دمای کره زمین نیز می‌شوند، اهمیت استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر از پیش به نظر می‌رسد. از کل مصرف انرژی تجدیدپذیر در جهان تا سال ۲۰۱۲ کمتر از ۰/۰۵ درصد به ایران تعلق دارد. انرژی خورشیدی یکی از منابع تامین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست‌محیطی است. کشور ما که در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته است و در منطقه‌ای واقع شده است که به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین مناطق مختلف جهان در بالاترین رده‌ها قرار گرفته است. میزان تابش انرژی در ایران بین



۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلووات ساعت بر متر مربع در سال تخمین زده شده است. تعداد روزهای ابری پشت سرهم در سراسر کشور کمتر از ۵ روز در سال می‌باشد و علاوه بر این با توجه به این که در نقاط مرتفع میزان تابش خورشید بیشتر بوده و سرزمین ما نیز کوهستانی است و اکثر نقاط آن ارتفاعی بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا دارد، این فیزیک ویژگی مفید در بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در کشور ما است. در این مقاله در ادامه، در بخش ۲ به مرور ادبیات موضوع پرداخته می‌شود، سپس در بخش ۳، پارامترهای مساله مورد نظر ارائه می‌گردد. در بخش ۴، به تعیین زاویه بهینه گیرنده آبگرمکن خورشیدی در شهرهای تبریز و اصفهان پرداخته می‌شود و سپس میزان انرژی ذخیره شده بر حسب ماه‌های مختلف سال بر اساس تابش خورشید ارائه می‌گردد. در انتهای مقاله نتیجه‌گیری مساله بیان می‌شود.



۲- مروری بر ادبیات موضوع

مطالعات زیادی توسط سولیوتیس و همکاران [۲ و ۳ و ۴]، هو و چن [۵]، موریسون [۶ و ۷]، ژانگ و یاماگوچی [۸]، هانگ [۹] و لی و همکاران [۱۰] در مورد انواع مختلف آبگرمکن خورشیدی جهت بالا بردن راندمان، کم کردن هزینه‌ها و کوچکتر شدن اندازه آبگرمکن انجام شده است که دو عامل بسیار مهم جهت رسیدن به اهداف فوق، کاهش اتلاف حرارتی از آبگرمکن و کاهش درجه حرارت آبگرم مصرفی و رساندن آن به اندازه معقول می‌باشد. جهت و زاویه شیب گیرنده بر زاویه برخورد تابش خورشیدی روی سطح گیرنده اثر می‌گذارد. از آنجایی که ضریب جذب گیرنده‌ها وابسته به جهت تابش ورودی می‌باشد هرچه موقعیت گیرنده از این لحاظ مناسب‌تر باشد، علاوه بر این که تابش خورشیدی ورودی به گیرنده بیشتر می‌شود، سهم بیشتری نیز جذب می‌شود. بنابراین انتخاب جهت و زاویه شیب، یک موضوع مهم برای بهبود عملکرد گیرنده

آبگرمکن خورشیدی به سامانه‌ای گفته می‌شود که با جذب انرژی خورشید آبگرم تولید می‌نماید. مدل خانگی آبگرمکن خورشیدی دارای گیرنده و مخزن ذخیره افقی دو جداره می‌باشد. با تابش خورشید بر روی گیرنده‌ها و جذب گرمای آن توسط صفحات جذب، سیال عامل داخل گیرنده‌ها گرم شده و به علت کاهش چگالی شروع به بالا رفتن از ریزرهای عمودی داخل آن‌ها می‌کند. با تبادل گرما بین جداره داخلی و جداره خارجی مخزن، گرمای سیال عامل به آب داخل مخزن ذخیره منتقل شده و سیال عامل پس از سرد شدن، به طرف پایین گیرنده‌ها حرکت می‌کند. این چرخه چندین بار در طول روز تکرار می‌گردد. آبگرمکن خورشیدی از جمله تجهیزاتی است که طی سال‌های اخیر مورد مطالعه محققین قرار گرفته و در طرح‌های گوناگونی ارائه گردیده است.

می‌باشد. زاویه شیب بهینه وابسته به عوامل مختلفی مانند عرض جغرافیایی محل، شاخص صافی هوا و توزیع روزهای آفتابی دارد. در این مقاله پس از تحلیل اطلاعات آب‌وهوایی به بررسی اجزای آبرگرمکن می‌پردازیم و سپس به انتخاب جهت و زاویه شیب بهینه و تحلیل آن توسط نرم‌افزار SAM^۱ می‌پردازیم.

۳- پارامترهای مساله

همان‌طور که در قسمت قبل اشاره شد برای تعیین زاویه شیب بهینه، باید ویژگی‌های آب و هوایی و جغرافیایی منطقه مورد نظر در نظر گرفته شود. در این تحقیق شهرهای تبریز و اصفهان در کشور ایران به عنوان مطالعه موردی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. شهر تبریز دارای عرض جغرافیایی ۳۸/۰۵ درجه، طول جغرافیایی ۴۶/۱۷ درجه (شکل ۱)، ارتفاع از سطح دریاهای آزاد ۱۳۶۱ متر و میانگین دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد است. شهر اصفهان نیز دارای عرض جغرافیایی ۳۲/۳۷ درجه، طول جغرافیایی ۵۱/۴ درجه (شکل ۲)، ارتفاع از سطح دریاهای آزاد ۱۵۵۰ متر و میانگین دمای ۱۶/۳ درجه سانتی‌گراد است.

Location Information

City	Tabriz	Time Zone	GMT 3	Latitude	38.05 deg
State	-	Elevation	1361 m	Longitude	46.17 deg

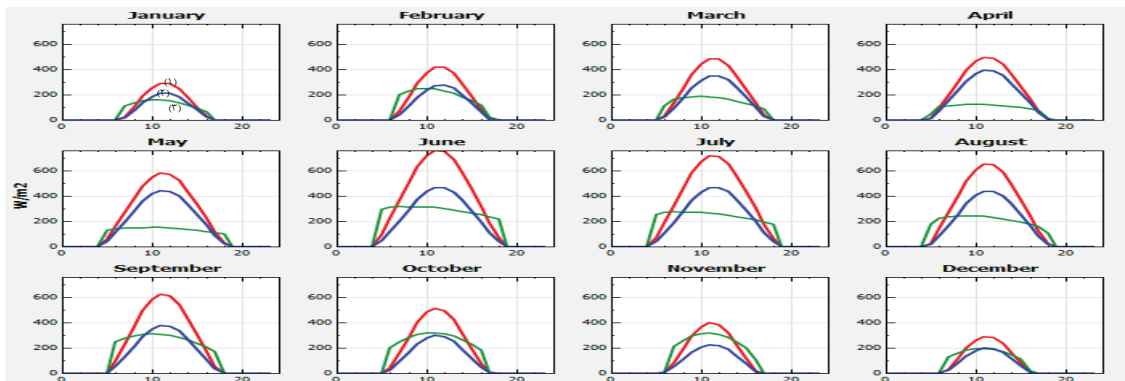
شکل ۱: اطلاعات جغرافیایی شهر تبریز

Location Information

City	Esfahan	Time Zone	GMT 3	Latitude	32.37 deg
State	-	Elevation	1550 m	Longitude	51.4 deg

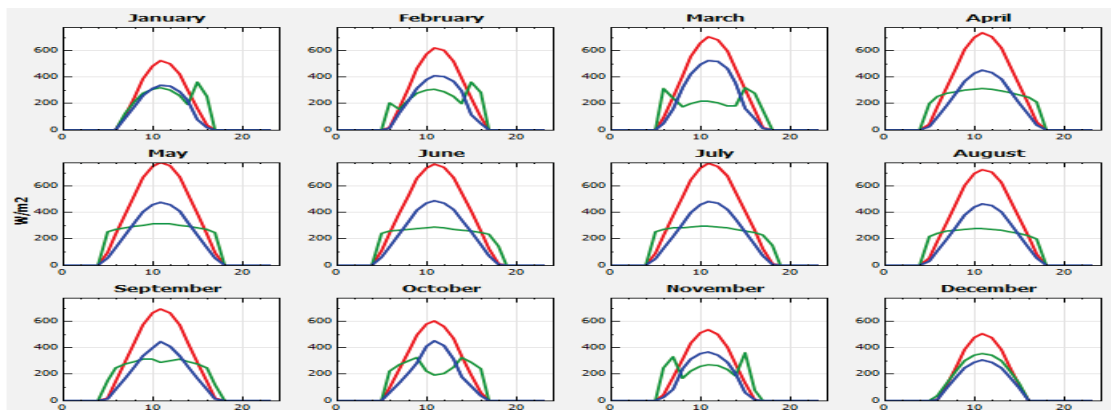
شکل ۲: اطلاعات جغرافیایی شهر اصفهان

برای تحلیل جهت و شیب گیرنده در یک مکان به عنوان ورودی مساله به اطلاعات جغرافیایی دقیقی از جمله میزان تابش خورشید و میانگین دما در ماه‌های مختلف سال نیاز داریم [۱۱] که این اطلاعات در شکل‌های ۲ تا ۶ ارائه شده است. فرمت تمامی نمودارها به صورت EPW^۲ می‌باشند. در شکل ۳ و ۴، رنگ قرمز (۱) تابش کلی خورشید، رنگ آبی (۲) تابش مستقیم خورشید و رنگ سبز (۳) تابش پراکنده خورشید را نشان می‌دهند.



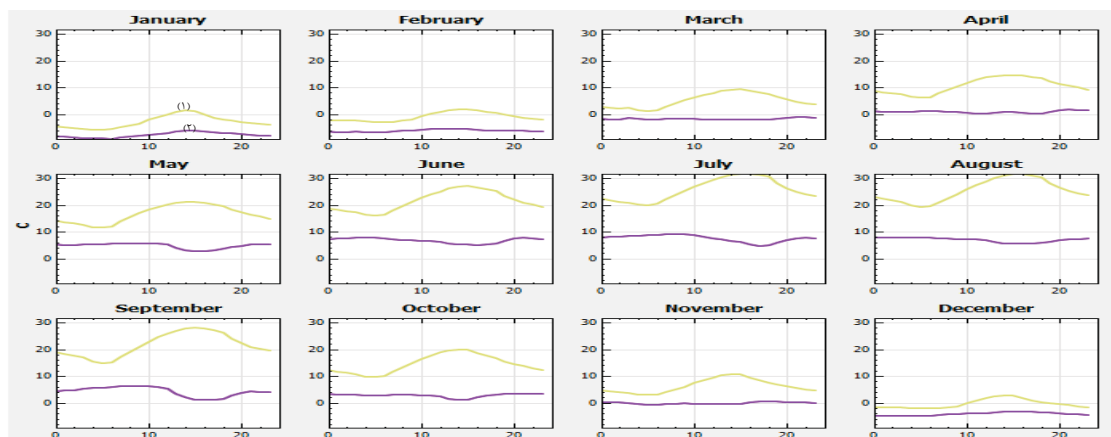
شکل ۳: شدت تابش خورشید به شهر تبریز در ماه‌های مختلف سال به صورت تفکیک شده

1 System Advisor Model
2 Energy Plus Weather

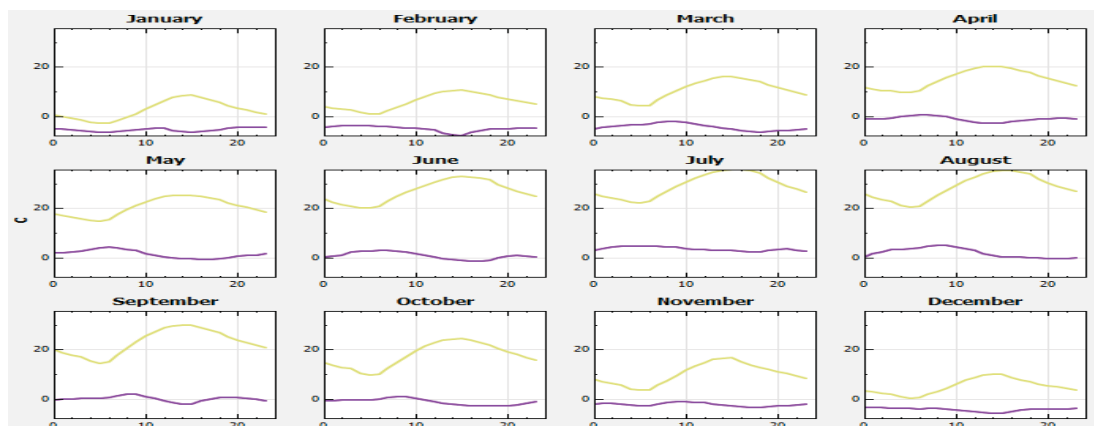


شکل ۴: شدت تابش خورشید به شهر اصفهان در ماههای مختلف سال به صورت تفکیک شده

شدت کل تابش خورشید به صورت سالیانه اغلب برای تخمین زدن انرژی تولیدی سالیانه مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۲ و ۱۳]. شکل‌های ۵ و ۶ با ارائه میانگین دمای شهرهای تبریز و اصفهان به صورت تفکیک شده در ماه‌های سال، دید مناسبی را در مورد وضعیت دمایی فراهم می‌آورد. در این شکل‌ها رنگ زرد (۱)، دمای هوای خشک و رنگ بنفش (۲) دمای هوای تر را نشان می‌دهند.



شکل ۵: میانگین دمای شهر تبریز به صورت تفکیک شده در ماه‌های سال



شکل ۶: میانگین دمای شهر اصفهان به صورت تفکیک شده در ماه‌های سال

با در نظر گرفتن مقدار واقعی مصرف آبگرم و ظرفیت منبع آبگرم بر حسب نوع کاربری، به تعیین اجزای آبگرمکن به صورت شکل ۷ و ۸ و ۹ می‌پردازیم. در این مساله نوع کاربری مسکونی و با مصرف آبگرم ۳۶۱/۱ GPH (گالن بر ساعت) در نظر گرفته شده است. در شکل ۷، SRCC شماره گیرنده شرکت سازنده و Type نام گیرنده می‌باشد. در این جدول ضریب بهره‌وری نوری، ضریب اصلاح زاویه آرایه، ضریب اتلاف حرارتی، مساحت گیرنده و سیال عامل بین گیرنده و مخزن نیز شرح داده شده است.

مخزن ذخیره و مبدل حرارتی از دیگر اجزای آبگرمکن خورشیدی می‌باشند. در شکل ۸ مشخصات مخزن و مبدل حرارتی آمده است. در این جدول حجم مخزن بر حسب مترمکعب، قطر مخزن، ضریب اتلاف حرارتی مخزن، بازده مبدل حرارتی و دمای آبی که به دست مصرف‌کننده می‌رسد و ماکزیمم دمای مخزن نیز شرح داده شده است. شکل ۹ نیز بیانگر طول و قطر لوله‌های به کار رفته و ضریب هدایتی عایق و ضخامت عایق و توان و بازده پمپ می‌باشد.

SRCC #	2001001C	Area	2.92 m2	FRta	0.697	Test fluid	Water
Type	Glazed Flat-Plate	IAM	0.13	FRUL	4.83 W/m2.C	Test flow	0.035 kg/s

شکل ۷: مشخصات گیرنده خورشیدی

Solar Tank and Heat Exchanger

Solar tank volume	0.77 m3
Solar tank height to diameter ratio	3
Solar tank heat loss coefficient (U value)	3.6 W/m2.C
Solar tank maximum water temperature	80 C
Heat exchanger effectiveness	0.75 0..1
Outlet set temperature	60 C
Ambient temperature in mechanical room	30 C

شکل ۸: مشخصات مخزن و مبدل حرارتی آبگرمکن خورشیدی

Piping and Pumping

Total piping length in system	2.5 m
Pipe diameter	0.03 m
Pipe insulation conductivity	0.03 W/m.C
Pipe insulation thickness	0.01 m
Pump power	30 W
Pump efficiency	0.85 0..1

شکل ۹: مشخصات پمپ و لوله آبگرمکن خورشیدی

حال با در نظر گرفتن اجزای آبگرمکن خورشیدی و در دست داشتن پارامترهای جغرافیایی مساله در مرحله بعد به تعیین جهت و شیب بهینه گیرنده می‌پردازیم.



داشته باشد.

تابش مستقیم خورشید در یک محل با رابطه ۱ محاسبه می گردد [۱۴].

$$I_B = Ae^{-km} \quad (۱)$$

A در رابطه ۱ انرژی حاصل از تابش خورشید در جو می باشد که از رابطه ۲ محاسبه می شود. n در این رابطه شماره روز است.

$$A = 1160 + 75 \sin \left[\frac{360}{365} (n - 275) \right] \quad (۲)$$

۴- تحلیل جهت و زاویه شیب گیرنده با

افق و تعیین حالت بهینه

بازده گیرنده های خورشیدی وابستگی زیادی به شار تابش ورودی به آنها دارد. بنابراین لازم است زاویه گیرنده با افق به گونه ای تعیین شود که بیشترین شار تابشی خورشید به آنها برسد. با توجه به این که بخش عمده تابش ورودی به گیرنده، تابش مستقیم است همواره بایستی زاویه گیرنده به گونه ای باشد که تابش مستقیم برخوردی با آن کمترین زاویه را با خط عمود بر صفحه گیرنده



در رابطه ۱، k عمق تابش در جو می‌باشد و از رابطه ۳ به دست می‌آید.

$$k = 0.174 + 0.035 \sin \left[\frac{360}{365} (n - 100) \right] \quad (۳)$$

m نیز در رابطه ۱ برابر نسبت جرمی هوا است که از رابطه ۴ به دست می‌آید.

$$m = \frac{1}{\sin \beta} \quad (۴)$$

$$\cos \theta = \cos \beta \cos(\phi_s - \phi_c) \sin \Sigma + \sin \beta \cos \Sigma \quad (۶)$$

در رابطه ۶، β زاویه تابش خورشید و ϕ_c زاویه خورشید نسبت به جنوب و همچنین ϕ_s زاویه گیرنده نسبت به جنوب و Σ زاویه شیب گیرنده با افق می‌باشد. به همین ترتیب تابش پراکندگی خورشید (I_{DH}) که به سطح زمین می‌رسد از رابطه ۷ به دست می‌آید.

$$I_{DH} = C I_B \quad (۷)$$

C در رابطه ۷ ضریب پراکندگی جو است که از رابطه ۸ قابل محاسبه است.

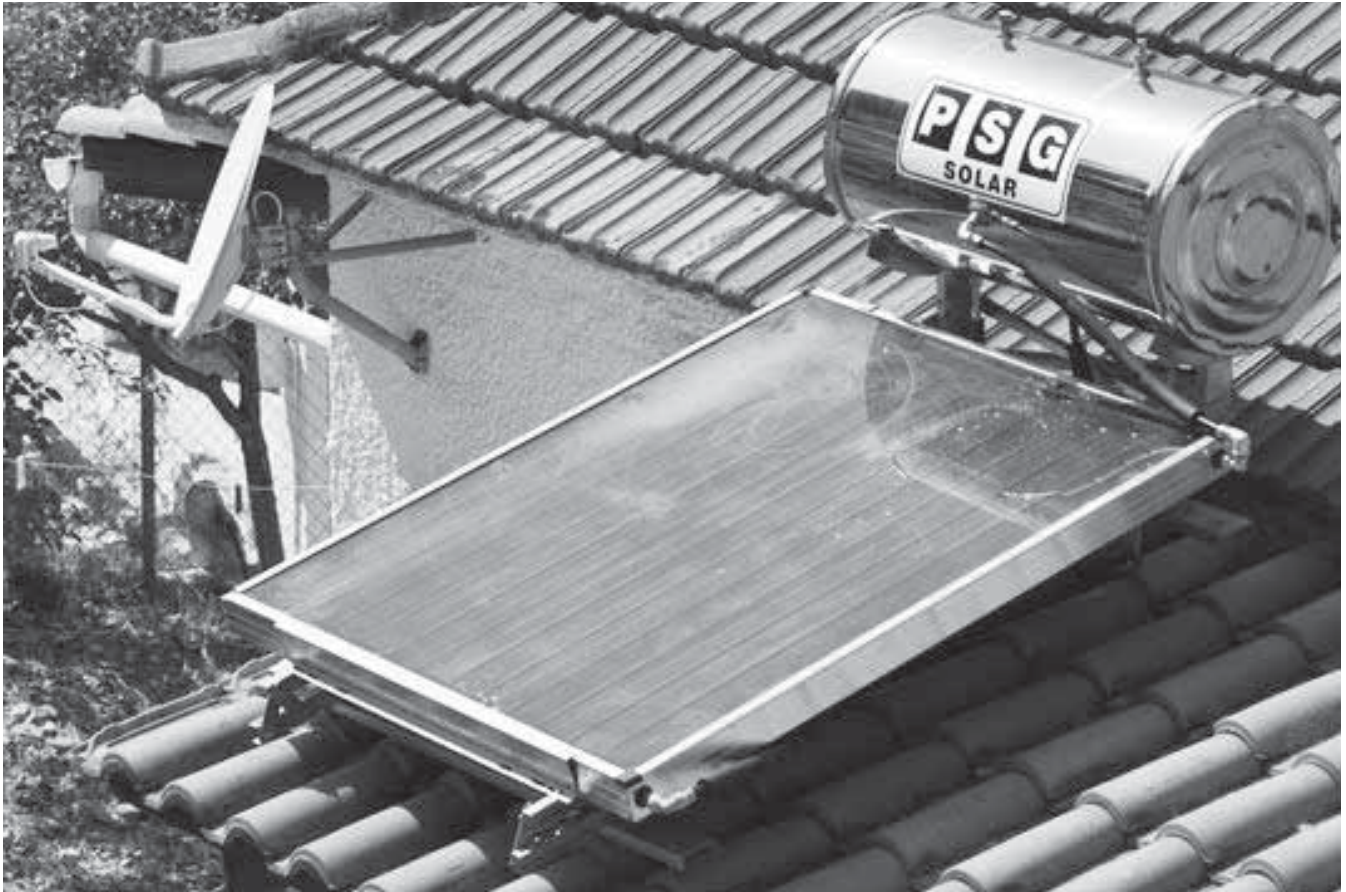
$$C = 0.095 + 0.04 \sin \left[\frac{360}{365} (n - 100) \right] \quad (۸)$$

با توجه به رابطه ۷، انرژی که گیرنده از تابش پراکندگی

β در رابطه ۴ زاویه تابش خورشید است. حال انرژی که گیرنده از تابش مستقیم خورشید جذب می‌کند (I_{BC}) از رابطه ۵ محاسبه می‌گردد.

$$I_{BC} = I_B \cos \theta \quad (۵)$$

θ در رابطه ۵ زاویه بین بردار عمود بر صفحه گیرنده و تابش مستقیم خورشید است که از رابطه ۶ به دست می‌آید.



و هپاسلی [۱۵] زاویه بهینه گیرنده های خورشیدی را از زیر ترکیه با کمک داده های ایستگاه های هواشناسی برای یک دوره سه ساله تعیین نمودند. آنها زاویه بهینه سالانه را برابر ۳۶/۶ درجه گزارش نمودند. سیرکی و پیلا [۱۶] زاویه بهینه صفحات خورشیدی را برای کاربردهای شهری در عرض های جغرافیایی مختلف تعیین نمودند. آنها گزارش کردند که زاویه بهینه وابسته به عرض جغرافیایی و شرایط آب و هوایی مناطق مختلف می باشد. همچنین بر اساس نتایج آنها زاویه بهینه سالانه برای مناطق با عرض جغرافیایی کم نزدیک به عرض جغرافیایی و برای مناطق با عرض جغرافیایی بیشتر، کمتر از عرض جغرافیایی می باشد.

به عنوان قاعده کلی در نصب آبگرمکن خورشیدی، زاویه شیب آرایه با افق را برابر عرض جغرافیایی محل مورد نظر در نظر می گیریم. برای زاویه گیرنده نسبت به جنوب، طراحان سامانه این زاویه را برابر ۱۸۰ درجه و یا رو به خط استوا در نظر می گیرند. به این ترتیب زاویه Σ و β را برای شهر تبریز ۳۸/۰۵ و ۱۸۰ درجه و همچنین برای شهر اصفهان ۳۲/۳۷ و ۱۸۰ درجه در نظر می گیریم. نتایج حاصل از این زوایا به صورت انرژی ذخیره شده در ماه های

خورشید به دست می آورد از رابطه ۹ به دست می آید.

$$I_{DC} = I_{DH} \left(\frac{1 + \cos \Sigma}{2} \right) = I_B C \left(\frac{1 + \cos \Sigma}{2} \right) \quad (9)$$

با توجه به روابط گفته شده، انرژی که گیرنده از تابش انعکاسی خورشید به دست می آورد (I) از رابطه ۱۰ به دست می آید.

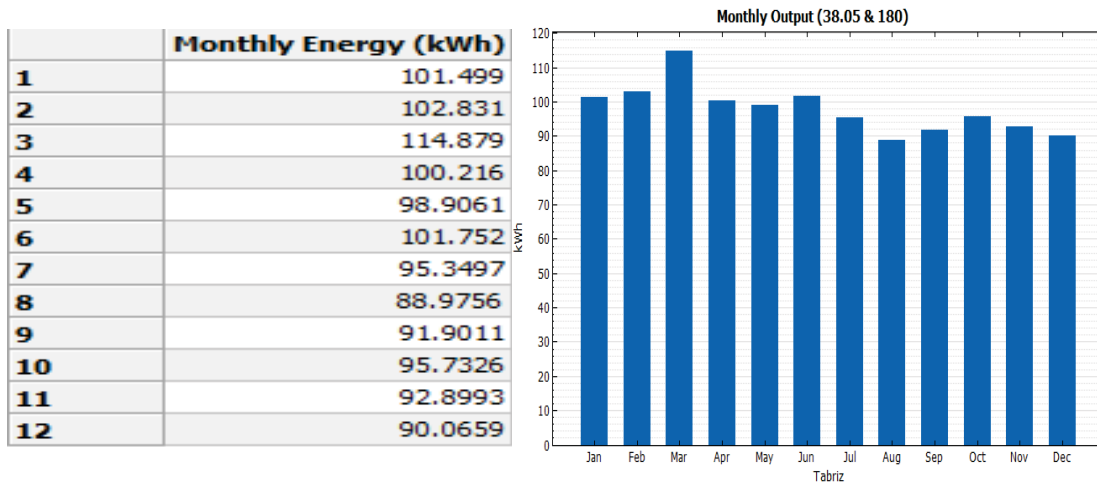
$$I_{RC} = \rho I_B (\sin \beta + C) \left(\frac{1 - \cos \Sigma}{2} \right) \quad (10)$$

ρ در رابطه ۱۰ ضریب انعکاسی می باشد. به این ترتیب انرژی که گیرنده از کل تابش خورشید به دست می آورد از رابطه ۱۱ قابل محاسبه می باشد.

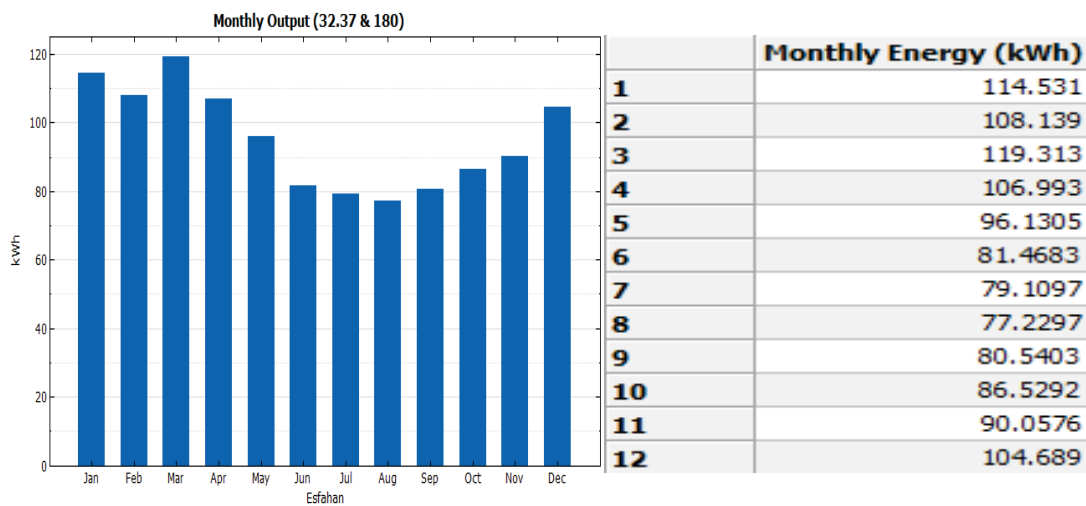
$$I_C = I_{BC} + I_{DC} + I_{RC} \quad (11)$$

با توجه به روابط بالا، دو عامل تاثیرگذار در جذب انرژی خورشیدی توسط گیرنده زاویه گیرنده نسبت به جنوب (Φ_C) و زاویه شیب گیرنده با افق (Σ) می باشد که با تعیین کردن بهینه این دو زاویه می توان انرژی سالیانه بیشتری ذخیره کرد. گونرهان

سال در شکل های ۱۰ و ۱۱ آورده شده است.

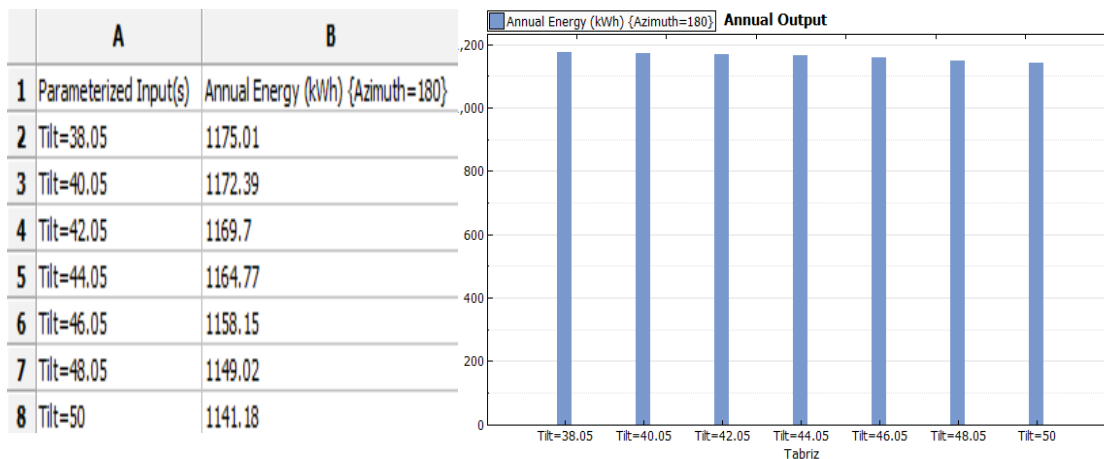


شکل ۱۰: نمودار ذخیره انرژی در ماه های مختلف سال برای شهر تبریز

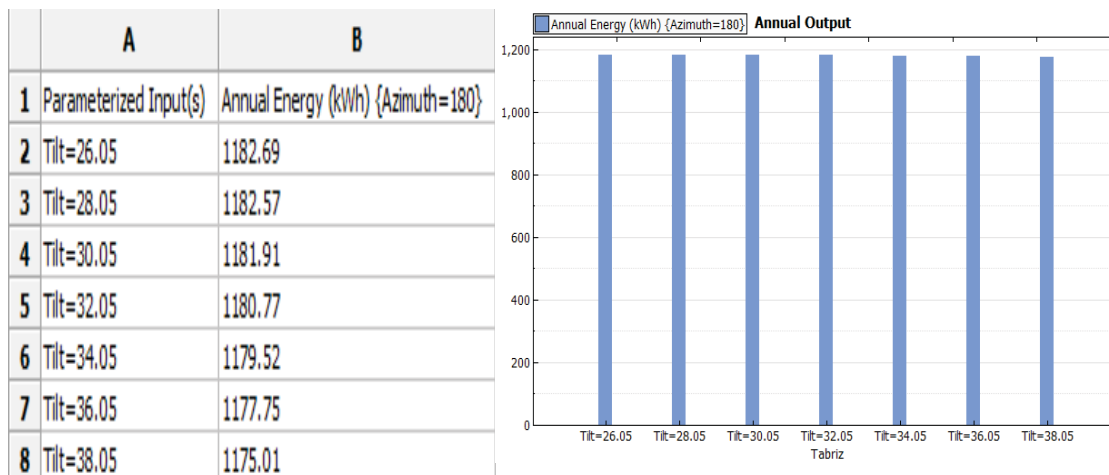


شکل ۱۱: نمودار ذخیره انرژی در ماه های مختلف سال برای شهر اصفهان

برای دستیابی به زاویه بهینه شیب آرایه نسبت به افق ابتدا به تحلیل آن در ۶ حالت در گستره ± 2 درجه عرض جغرافیایی برای شهرهای تبریز و اصفهان می پردازیم. نتایج حاصل از بررسی در شکل های ۱۲ تا ۱۵ نمایان است.

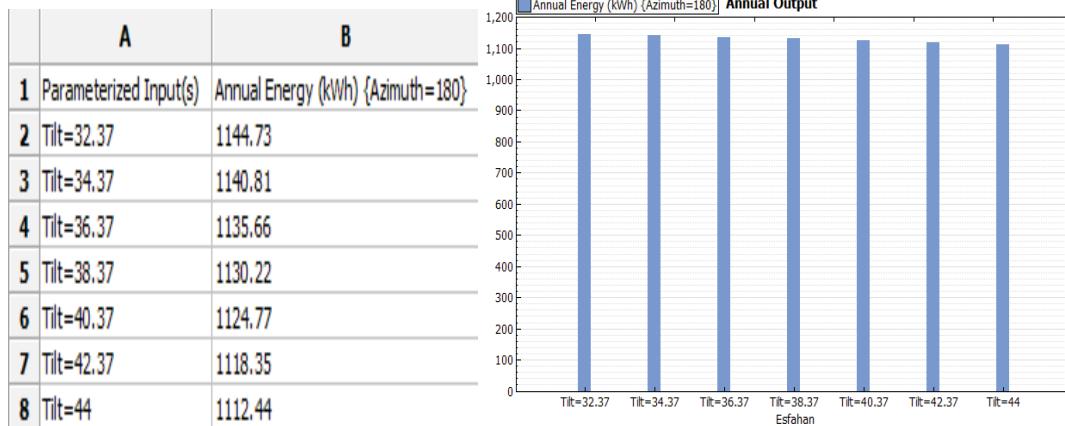


شکل ۱۲: نمودار سالیانه ذخیره انرژی با زاویه شیب بالاتر از $38/05$ درجه و زاویه جنوبی 180 درجه برای شهر تبریز

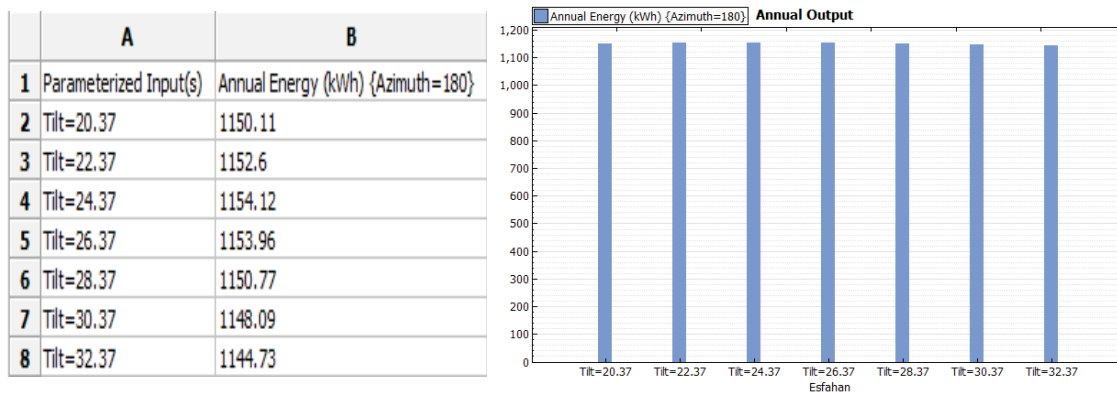


شکل ۱۳: نمودار سالیانه ذخیره انرژی با زاویه شیب کمتر از $38/05$ درجه و زاویه جنوبی 180 درجه برای شهر تبریز

همان طور که نتایج نشان می دهند با زاویه جنوبی 180 درجه بیشترین انرژی را در زاویه شیب با افق $26/05$ برای تبریز داریم.



شکل ۱۴: نمودار سالیانه ذخیره انرژی با زاویه شیب بالاتر از ۳۲/۳۷ درجه و زاویه جنوبی ۱۸۰ درجه برای شهر اصفهان

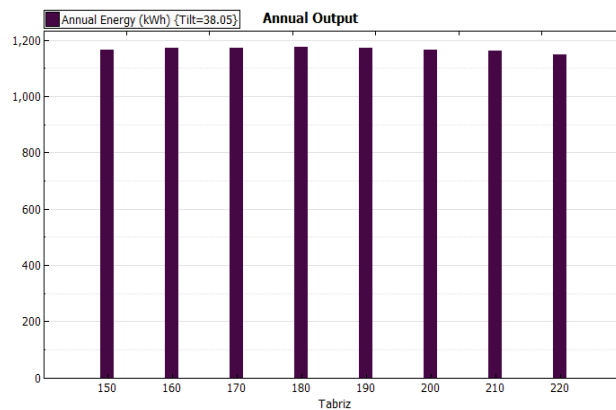


شکل ۱۵: نمودار سالیانه ذخیره انرژی با زاویه شیب کمتر از ۳۲/۳۷ درجه و زاویه جنوبی ۱۸۰ درجه برای شهر اصفهان

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند با زاویه جنوبی ۱۸۰ درجه آرایه، بیشترین انرژی را در زاویه شیب با افق ۲۴/۳۷ برای شهر اصفهان داریم.

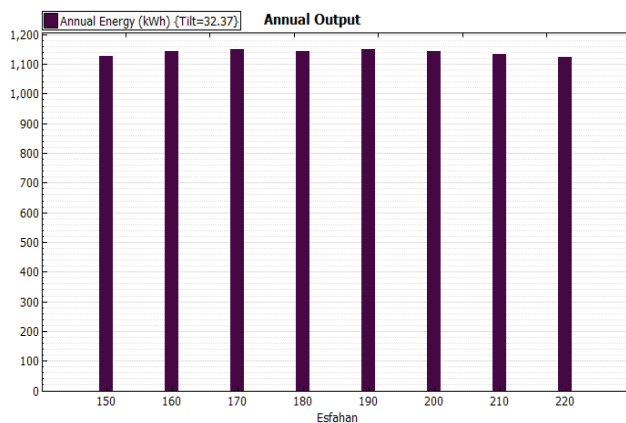
به ترتیبی مشابه با تحلیل صورت گرفته، زاویه جنوبی را متفاوت و زاویه شیب آرایه با افق را برابر عرض جغرافیایی در نظر گرفته و نتایج را برای دو شهر تبریز و اصفهان در شکل‌های ۱۶ و ۱۷ بررسی می‌کنیم.

	A	B
1	Parameterized Input(s)	Annual Energy (kWh) {Tilt=38.05}
2	Azimuth=150	1166.24
3	Azimuth=160	1172
4	Azimuth=170	1170.09
5	Azimuth=180	1175.01
6	Azimuth=190	1172.84
7	Azimuth=200	1166.27
8	Azimuth=210	1161.08
9	Azimuth=220	1147.71



شکل ۱۶: نمودار سالیانه ذخیره انرژی با زاویه شیب ۳۸/۰۵ درجه و زوایای جنوبی متفاوت برای شهر تبریز

همان طور که نتایج نشان می دهند با زاویه شیب با افق ۳۸/۰۵ درجه آرایه، بیشترین انرژی (۱۱۷۵/۰۱ کیلووات ساعت) را در زاویه جنوبی ۱۸۰ درجه برای شهر تبریز داریم.

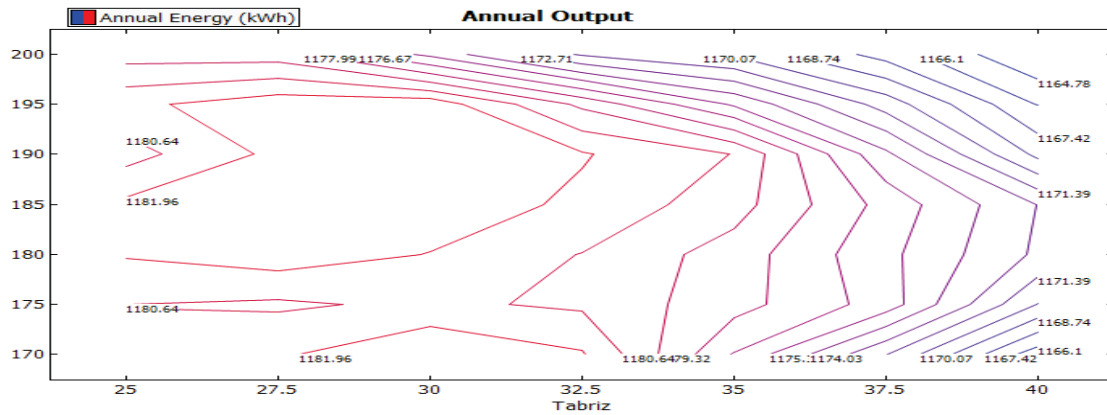


	A	B
1	Parameterized Input(s)	Annual Energy (kWh) {Tilt=32.37}
2	Azimuth=150	1126.64
3	Azimuth=160	1143.1
4	Azimuth=170	1148.45
5	Azimuth=180	1144.73
6	Azimuth=190	1150.14
7	Azimuth=200	1144.34
8	Azimuth=210	1132.33
9	Azimuth=220	1124.61

شکل ۱۷: نمودار سالیانه ذخیره انرژی با زاویه شیب ۳۲/۳۷ درجه و زوایای جنوبی متفاوت برای شهر اصفهان

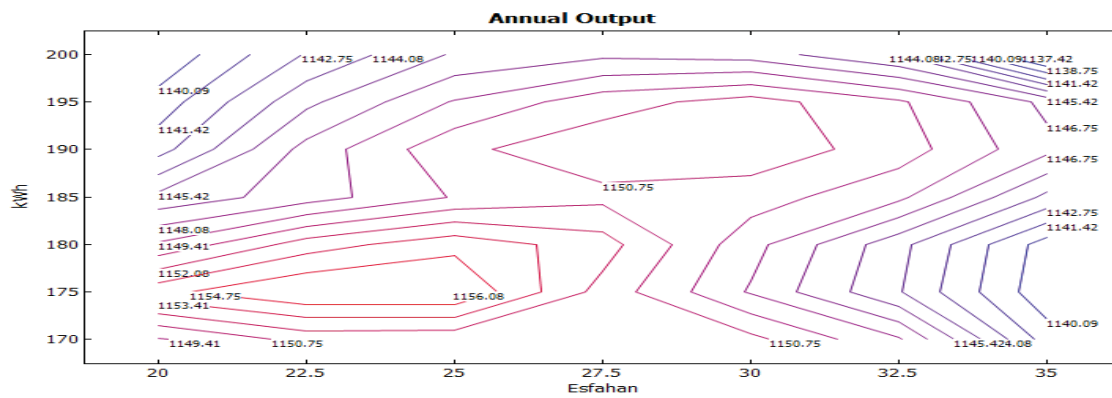
همان طور که نتایج در شکل ۱۷ نشان می دهند با زاویه شیب با افق ۳۲/۳۷ درجه آرایه، بیشترین انرژی (۱۱۵۰/۱۴ کیلووات ساعت) را در زاویه جنوبی ۱۹۰ درجه برای شهر اصفهان داریم.

در حالتی دیگر به بررسی زوایای متفاوت شیب با افق و زوایای متفاوت جنوبی می پردازیم. در این تحلیل تاثیر هر دو زاویه را با هم در نظر می گیریم.



	A	B	C	D	E	F	G	H
1 Annual Energy	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	
2 170	1180.84	1181.74	1183.28	1182.11	1176.6	1171.48	1165.31	
3 175	1180.62	1180.43	1180.9	1180.4	1178.51	1176.08	1170.02	
4 180	1182.08	1182.69	1181.91	1180.59	1178.71	1175.71	1172.47	
5 185	1182.26	1183.11	1182.88	1181.65	1179.88	1176.21	1172.71	
6 190	1180.12	1182.29	1182.88	1182.08	1180.6	1174.32	1168.37	
7 195	1181.62	1182.76	1182.79	1179	1175.16	1170.78	1166.04	
8 200	1178.74	1178.66	1174.99	1171.2	1169.78	1166.88	1163.46	

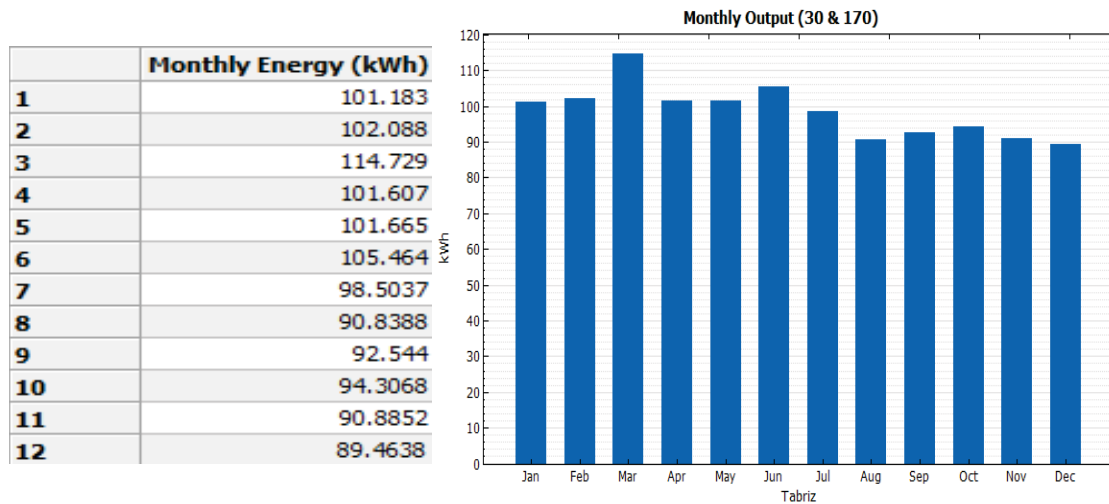
شکل ۱۸: نمودار سالیانه ذخیره انرژی با زوایای شیب با افق و زوایای جنوبی متفاوت برای شهر تبریز



	A	B	C	D	E	F	G	H
1 Annual Energy	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	
2 170	1149.27	1151.19	1151.14	1152.08	1151.12	1148.25	1140.79	
3 175	1154.37	1156.05	1156.08	1151.6	1147.94	1144.21	1139.11	
4 180	1149.6	1152.74	1154.35	1152.67	1148.57	1144.55	1139.43	
5 185	1145.78	1147.44	1149.52	1150.36	1150.05	1148.39	1143.74	
6 190	1142.21	1147.23	1150.41	1151.67	1151.64	1150.09	1147.13	
7 195	1140.63	1145.07	1148.2	1150.17	1151.3	1149.64	1146.43	
8 200	1138.98	1142.87	1145.59	1146.44	1146.16	1143.96	1136.09	

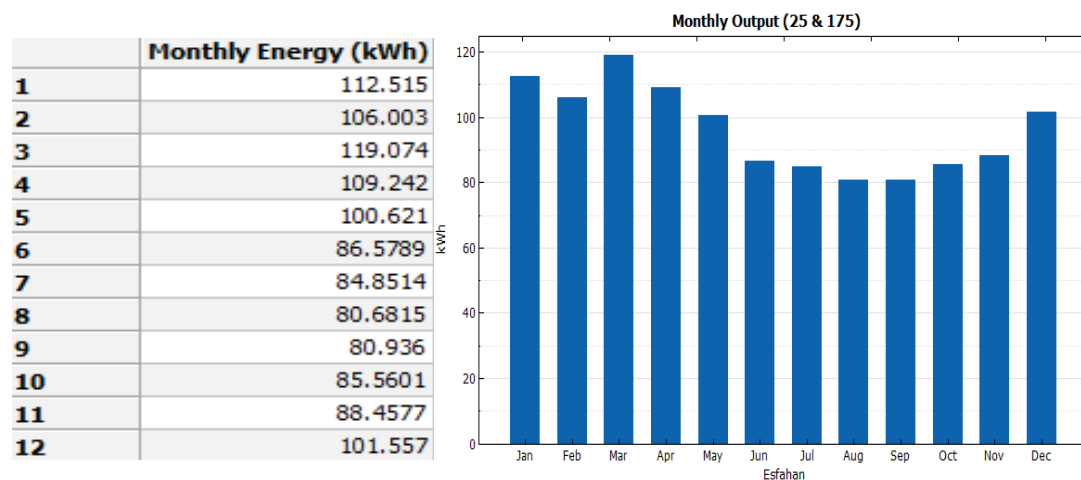
شکل ۱۹: نمودار سالیانه ذخیره انرژی با زوایای شیب با افق و زوایای جنوبی متفاوت برای شهر اصفهان

همان طور که نتایج نشان می دهند، برای شهر تبریز با توجه به شکل ۱۸، بیشترین ذخیره سازی انرژی را برای زاویه شیب با افق ۳۰ درجه و زاویه جنوبی ۱۷۰ درجه داریم که برابر ۱۱۸۳/۲۸ کیلووات ساعت می باشد و با توجه به شکل ۱۹، برای شهر اصفهان بیشترین ذخیره سازی انرژی را برای زاویه شیب با افق ۲۵ درجه و زاویه جنوبی ۱۷۵ درجه داریم که برابر ۱۱۵۶/۰۸ کیلووات ساعت می باشد.



شکل ۲۰: نمودار ذخیره انرژی در ماه های مختلف سال برای شهر تبریز با زاویه شیب با افق ۳۰ و زاویه جنوبی ۱۷۰ درجه

با در نظر گرفتن زاویه شیب با افق ۳۰ و زاویه جنوبی ۱۷۰ درجه برای شهر تبریز، می توان سالیانه ۸ کیلووات ساعت انرژی بیشتری نسبت به حالت اولیه (زاویه شیب با افق ۳۸/۰۵ و زاویه جنوبی ۱۸۰) ذخیره کرد.



شکل ۲۱: نمودار ذخیره انرژی در ماه های مختلف سال برای شهر اصفهان با زاویه شیب با افق ۲۵ و زاویه جنوبی ۱۷۵ درجه



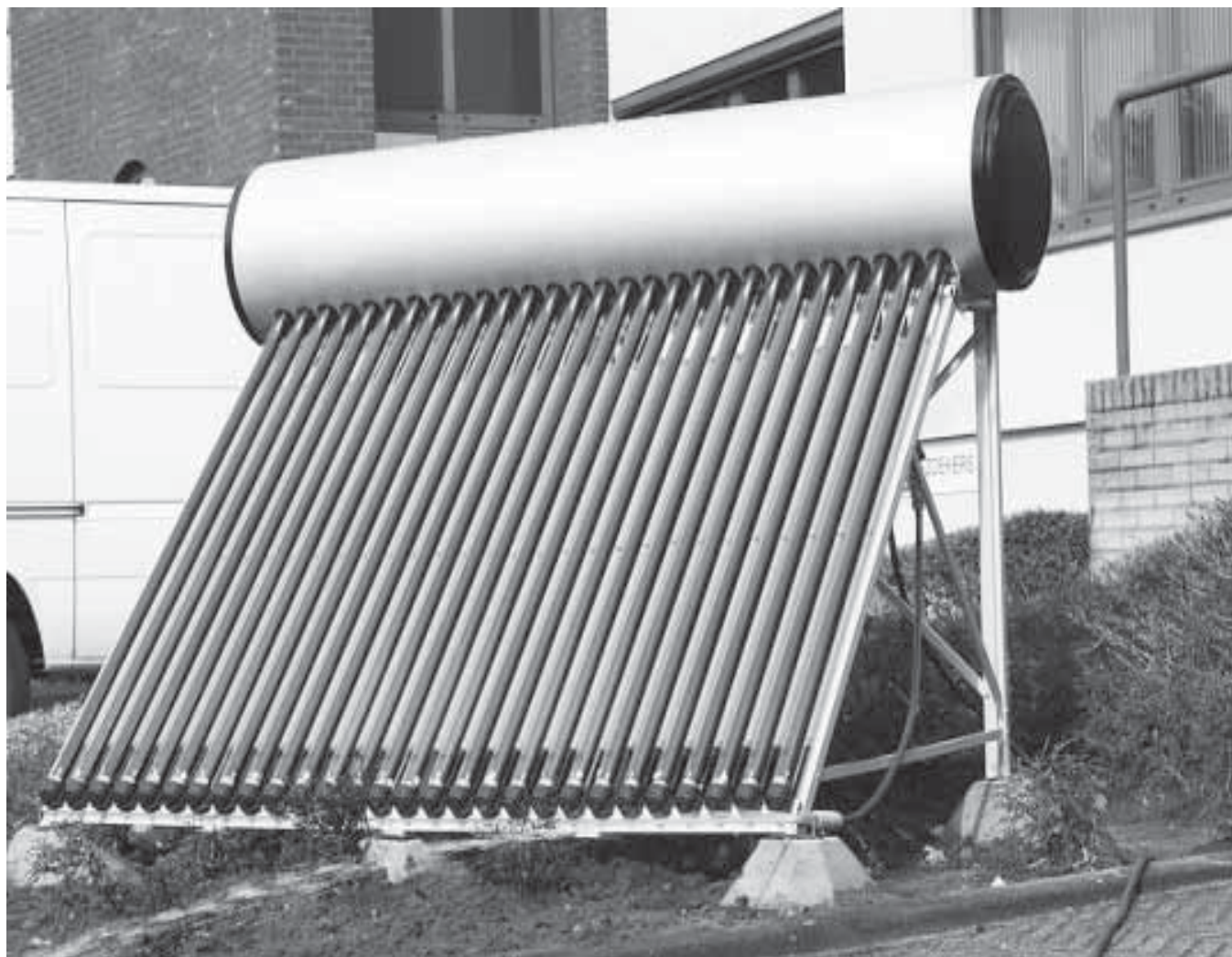
باید نقشی بهتر از آنچه که امروزه در دنیا برای تامین انرژی مورد نیاز جوامع بشری دارند، ایفا نمایند.

انرژی خورشید، انرژی پاک و همیشه در دسترس است و تعیین زاویه بهینه گیرنده در مناطق مختلف برای دریافت حداکثر تابش خورشید همواره مورد نظر کارشناسان بوده است. در این مقاله زاویه سالیانه بهینه شیب گیرنده با افق و زاویه جنوبی آن در دو شهر تبریز و اصفهان تحلیل گردید و مشخص گردید که با در نظرگیری این زوایا، میزان ذخیره سازی انرژی در شهر تبریز ۸ و در شهر اصفهان ۱۱ کیلووات ساعت بیشتر خواهد بود که این میزان برای کاربری مسکونی قابل ملاحظه می باشد. در این مقاله دو شهر تبریز و اصفهان مورد مطالعه قرار گرفتند. حال با داشتن اطلاعات آب و هوایی دقیق و کامل دیگر شهرهای کشور، می تواند در زمینه تحقیقات آتی مورد مطالعه بیشتری قرار گیرد.

به همین ترتیب با در نظر گرفتن زاویه شیب با افق ۲۵ و زاویه جنوبی ۱۷۵ درجه برای شهر اصفهان، می توان سالیانه ۱۱ کیلووات ساعت انرژی بیشتری نسبت به حالت اولیه (زاویه شیب با افق ۳۲/۳۷ و زاویه جنوبی ۱۸۰) ذخیره کرد.

۵- نتیجه گیری

میزان مصرف انرژی در جهان در هر دهه به دو برابر افزایش می یابد و پیش بینی شده است که طی سال های ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۲۵، روند مصرف انرژی در جهان به میزان ۵۴ درصد افزایش خواهد یافت. با توجه به تغییر آب و هوایی، رشد سریع جمعیت، وابستگی روز افزون انسان به منابع انرژی و افزایش مصرف منابع، موجب بحران شدید در آینده نزدیک خواهد شد. متخصصین و برنامه ریزان انرژی در دنیا اتفاق نظر دارند که انرژی های تجدیدپذیر



- 5.C.D. Ho, T.C.Chen, The recycle effect on the collector efficiency improvement of double- pass sheet- and- tube solar water heater with external recycle, *Renew. Energy* 31 (2006) 953-970
- 6.G.L.Morrison, I.Budihardjo, M.Behnia, Water-in-glass evacuated tube solar water heater, *Solar Energy* 76 (2004) 135-140
- 7.G.L.Morrison, I.Budihardjo, M.Behnia, Measurement and simulation of flow rate in a water-in-glass evacuated tube solar water heater, *Solar Energy* 78 (2005) 257-267
- 8 .X.R.Zhang, H.Yamaguchi, An experimental study on evacuated tube solar collector using supercritical , *Appl. Therm. Eng.*28 (2008) 1225-1233
- 9 .B.J.Huang, J.P.Lee, J.P.Chyng, Hear pipe enhanced solar-assisted heat pump water heater, *Solar Energy* 78 (2005) 375-381
- 10.Y.W.Li, R.Z.Wang, J.Y.Wu, Y.X.Xu, experimental performance analysis on a direct-expansion solar-

منابع

- 1.Christopher, M.Dent, Wind Energy Development In East Asia and Europe, *Asia Europe Journal*,(2013), Volume 11, Issue 3, pp. 211-230
- 2.M.Souliotis, Y.Tripanagnostopoulos, Study of the distribution of the absorbed solar radiation on the performance of a CPC- type ICS water heater, *Renew. Energy* 33 (2008) 846-858
- 3.Y.Tripanagnostopoulos, M.Souliotis, Integrated collector storage solar systems with asymmetric CPC reflectors *Renew. Energy* 29 (2004) 223-248
- 4.Y.Tripanagnostopoulos, M.Souliotis, ICS solar systems with two water tanks, *Renew. Energy* 31 (2006) 1698-1717

14. Gilbert.M.Masters, Renewable and efficient electric power systems, (2004), pp 431-442
15. Gunerhan H, Hepbasli A, Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications, Building and Environment, 42(2007), pp.779-783.
16. Siraki A.G, pillay P, Study of optimum tilt angles for solar panels in different latitudes for urban applications, Solar Energy, 86(2012), pp. 1920-1928.
- assisted heat pump water heater, Appl. Therm. Eng. 27 (2007) 2858-2868
11. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm
12. Kaldellis JK, El-samani K, Koronakis P. Feasibility analysis of domestic solar water heating system in Greece. Renew Energy.(2005),30:659-82.
13. Li H, Yang HX. Potential application of solar thermal systems for hot water production in Hong Kong. Applied Energy(2009),86:175-80.

