جغرافیا و روابط انسانی، پاییز ۱۳۹۹، دوره۳، شماره۲

سیاست بهره‌گیری از انرژی تابش خورشیدی در پراکنش پهنه‌های جغرافیایی با استفاده از برنامه‌های ArcGIS

حجت اله محمدقلیان[۱]، حسن مومنی[۲]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه آزاد واحد تهران مرکز.

۲-دانشجوی دکتری جغرافیا برنامه ریزی روستایی گرایش سیاستگذاری در برنامه ریزی روستایی، دانشگاه خوارزمی تهران.

تاریخ دریافت:۱۳۹۹/۰۶/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۳۰

چکیده

انرژی خورشیدی یکی از مهم ترین و پاکترین انواع انرژی های تجدیدپذیر در دنیاست. شرایط اقلیمی مناسب در ایران به دلیل قرار گرفتن در موقعیت خاص جغرافیایی و پتانسیل بالای دریافت انرژی خورشیدی، عاملی است برای بهره گیری هرچه بیشتر از این منبع عظیم تولید انرژی پاک، بنابراین پژوهش حاضر با هدف سیاست میزان بهره برداری از سطوح مستعد استقرار پلنهای خورشیدی که با تکیه بر داده های اقلیمی انجام گرفته است. بدین سبب ابتدا با تهیه لایه های تابش خورشیدی، مجموع ساعات آفتابی و تعداد روزهای ابری به عنوان مهمترین عوامل اقلیمی موثر بر میزان تابش، تهیه و در مرحله بعد لایه های محدود کننده مانند فاصله از مراکز جمعتی و لایه های توپوگرافی منطقه اضافه شدند. پهنه استان تهران به عنوان مرجع بررسی ها تلقی میگردد و تحلیل پراکنشها با استفاده از داده های مکانی مرجع و با بهره مندی از نرم افزار *GIS* مورد تحلیل قرار گرفته است. بر اساس این تحقیق ٤ درصد از سطح استان (۵۵۳ کیلومتر مربع) به عنوان مناطق خیلی مناسب، ۹ درصد مناطق مناسب، ١٦ درصد منطق نسبتا مناسب و ۷۱ درصد مناطق نامناسب برای توسعه و نصب سیستمهای خورشیدی هستند. همچنین نتایج تحقیق نشان داد مناطق شرق تهران بستر مناسبی برای توسعه پنلهای خورشیدی است چرا که علاوه بر پهنه مناسب، توان فتوولتاییک این مناطق نیز بیشتر از سایر مناطق برآورد میشود.

کلید واژگان: سیاستگذاری، انرژی تجدید پذیر، تابش خورشیدی، پهنه جغرافیایی.

بیان مسئله

سرمایه‌گذاری‌های بسیاری در طول سال‌ها برای پیشرفت فناوری صورت گرفته است که بر هزینه تولید انرژی‌های تجدیدپذیر بسیار مؤثر بوده است. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تنها تعدادی از کشورها هستند که تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر آنها تا سال ۲۰۱۷ به بیش از ۱۰۰ مگاوات خواهد رسید. میزان تابش این انرژی در نقاط مختلف جهان متغیر بوده (صفایی و همکاران،۱۳۸۳) و در کمربند خورشیدی زمین بیشترین مقدار را داراست. کشور ایران نیز در نواحی پرتابش واقع است (کسمایی، ۱۳۷۲) طبق آمار هواشناسی ایران و با توجه به میزان تابش خورشید مشخص می‌شود که شهرهای بزرگ و کوچک ایران به‌طور متوسط از ۲۵۰ تا ۲۹۱ روز آفتابی در سال برخوردارند که این امر بیانگر پتانسیل بسیار بالای انرژی خورشید در کشور است (موسوی بایگی، ۱۳۹۰، ٦٦٥). برخی از کارشناسان انرژی خورشیدی، گام را از این هم فراتر نهاده و در حالتی آرمانی عنوان می‌کنند که ایران در صورت تجهیز مساحت بیابانی خود به سامانه‌های دریافت انرژی تابشی می‌تواند انرژی مورد نیاز بخش‌های گسترده‌ای از منطقه را نیز تأمین و در زمینه صدور انرژی برق فعال شود. (حق پرست کاشانی،۱۳۸۸).

با مراجعه به نقشه پتانسیل تابش خورشیدی که توسط سازمان انرژی‌های نو و *Global Solar Atlas*[۱] تهیه شده است این موضوع مورد قبول خواهد بود که استان تهران از پتانسیل بالایی برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی برخوردار است که با وجود مشکل آلودگی هوا، ایجاد منابع جذب نیروی خورشیدی و تبدیل آن به انرژی، می‌توان در بهبود وضع هوا تأثیر بسزایی بگذارد (سعیدی و همکاران،۱۳۸٤) البته باید این مسأله را توسعه داده و در اکثر نقاط استان از این نیروگاه‌ها استفاده نمود. با توجه به استانداردهای بین المللی اگر میانگین انرژی تابشی خورشید در روز بالاتر از ۳,۵ کیلووات ساعت در مترمربع باشد استفاده از مدلهای انرژی خورشیدی نظیر کلکتورهای خورشیدی یا سیستمهای فتوولتائیک بسیار اقتصادی و مقرون به صرفه است. در همین راستا پژوهشهایی صورت گرفته است که به بیان برخی از آنها پرداخته میشود: نتایج تحقیق(حاتمی و ناظمی ۱۳۹۳) تحت عنوان ارزیابی اقتصادی استفاده از سیستم فتوولتائیک مستقل از شبکه در روستاها با شبیه سازی مونتکارلو (مطالعه موردی تهران)، نشان داد استفاده از سیستم فتوولتائیک به جای برق شبکهٔ سراسری

[۱] – Globl Solar Atlas: گروه بانک جهانی شرکت *Solargis* را به عنوان ارائه دهنده جهانی داده های خورشیدی و خدمات مربوط به ارزیابی انرژی خورشیدی انتخاب کرده است این مجموعه اطلس جهانی تابش و پتانسیل فتوولتاییک جهانی را تهیه نمودند.

برای انتقال انرژی به روستاها از توجیه و صرفهٔ اقتصادی خوبی برخـوردار است. چنانکه در بدترین حالت، بیشترین هزینهٔ سیستم فتوولتائیک یعنی نرخ تنزیل ۱۸درصد و تعـداد خـانوار۵۰ و تعداد روز ابری ۳ باز در فاصله ۷٦ کیلومتری روستا از شبکهٔ توزیع برق، استفاده از سیستم فتوولتائیـک از توسعهٔ شبکهٔ برق سراسری اقتصادی تر است.

حیدری و همکاران (۱۳۸۸) به مکان یابی ساخت نیروگاه خورشیدی در ایران پرداخته و استان کرمان را مناسبترین مکان تشخیص دادند. اسفندیاری و همکاران (۱۳۹۰) در پژوهشی با عنوان پتانسیل سنجی احداث نیروگاه‌های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از *GIS*، شهرهای بهبهان، رامهرمز، باغ ملک و منطقه کوچکی از شوشتر را به عنوان مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه خورشیدی در این استان پیشنهاد می‌کند. یوسفی و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی با عنوان کاربرد منطق فازی و *FTOPSIS* جهت مکانیابی نیروگاه خورشیدی با استفاده از *GIS* در استان تهران، منطقه ۹ را به‌عنوان مناسب‌ترین منطقه معرفی نموده است. موقری و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان امکان سنجی و پهنه بندی مکان‌های مستعد جهت استقرار پنل‌های خورشیدی با تکیه بر فراسنجهای اقلیمی در استان سیستان و بلوچستان، بهترین مکان برای بهره برداری از انرژی خورشیدی شهرستان سراوان و سیب سوران و پس از آن شهرهای خاش، ایرانشهر و بخش‌هایی از زهک و نیکشهر را معرفی نمود. شرافتی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی پهنه بندی کشور برای مکانیابی قطب‌های مستعد توسعه گلخانه‌های خورشیدی، حدفاصل شرق استان فارس و غرب استان کرمان را مستعدترین مکان معرفی نموده است.

عشورنژاد و همکاران (۱۳۹۳)، در مقاله‌ای تحت عنوان خورشیدی در پشت بام ساختمانها با استفاده از *GIS* بیان میدارند که :سیستمهای فتوولتائیک، یکی از پربازده ترین سیستمهای تولید الکتریسیته خورشیدی است که با گسترش آن میتوان بخش قابل توجهی از نیازهای فزاینده جمعیت روزافزون را فراهم آورد. صادقی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان اولویت بندی عوامل مؤثر بر مکانیابی نیروگاه‌های انرژی‌های تجدید پذیر (انرژی خورشیدی و انرژی باد) استان کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) و تکنیک‌های تصمیم گیری چند معیاره، شهرستان سیرجان را به‌عنوان مناسب‌ترین مکان جهت احداث نیروگاه خورشیدی و شهرستان رفسنجان را به‌عنوان مناسب‌ترین مکان جهت احداث نیروگاه بادی معرفی نموده است، خوش اخلاق و همکاران (۱۳۸٦) در پژوهشی با عنوان مکانیابی نیروگاه خورشیدی با توجه به پارامترهای اقلیمی را انجام دادند و استان یزد را به‌عنوان مناسب‌ترین مکان جغرافیایی و ایستگاه اصفهان را به جهت شباهت با ایستگاه یزد در رتبه دوم جهت احداث نیروگاه خورشیدی معرفی نموده است.

فرج‌سبکبار و همکاران (۱۳۹۲) پژوهشی با عنوان تناسب سنجی اراضی به منظور احداث مزارع فتوولتاییک به کمک تلفیق سیستم‌های جمع ساده وزنی و استنتاج فازی در ایران انجام داده‌اند و استان اصفهان را در رتبه پنجم معرفی نمودند. سبزی پرور و بیات روکشی(۱۳۹۳)، در مقاله ای تحت عنوان ارزیابی دقت روشهای شبکه عصبی مصنوعی و عصبی فازی در شبیه سازی تابش کل خورشیدی، تابش خورشیدی را از مهمترین پارمترهای اقلیمی میدانند که با بسیاری از فرایندهای اگروکلیماتولوژی، هیدرولوژیکی، هیدروکلیماتولوژی و هواشناسی ارتباط دارد. *Sanchez et al 2013, Janke 2010* معتقدند که مقادیر پتانسیل تابشی از جمله داده های تأثیرگذار در مکانیابی نیروگاههای خورشیدی میباشد و عموماً بیشترین وزن را در مکانیابی این نیروگاهها به خود اختصاص میدهد.

ادبیات تحقیق

یکی از مزایایی که انرژی خورشیدی را از سایر منابع متمایز میکند، فراوانی و دسترسی آسان به آن است، بطوریکه اگر انسان میتوانست کل انرژی که در طول یک روزاز سمت خورشید به زمین ساطع میشود را مهار کند میتوانست انرژی یک سال کل کره زمین را تأمین کند*(Chapo, 2008)*. در همین خصوص *Kenisarin (7777)* از دلایل افزایش مستمر گازهای گلخانهای در سطح انتشار را میزان جهت گیری استفاده از منابع مختلف انرژیهای تجدید پذیر میداند. *(Henemann,2012)* بر ساخت فتوولتائیک یکپارچه جهت تولید انرژی تاکید دارد. *(Miller 2012)* به معرفی روشهای بهره برداری انرژی خورشیدی در نیروگاههای خورشیدی در کشور هند پرداخته است.

(Fang 2012) به اهمیت استفاده از انرژی خورشیدی برای خانواده های روستایی در فلات چینگهای و تبت برای انطباق با تغییرات آب و هوایی اشاره کرده است. از معایب سوخت های فسیلی از جمله گرم شدن کره زمین استکه آگاهی کاملی نسبت به آن وجود دارد ولی هنوز به علت فراوانی و قیمت ارزان سوخت های فسیلی بیشتر انرژی تولید شده در جهان از این نوع سوخت تأمین میشود. با توجه به اینکه انرژی خورشید رایگان بوده و همچنین اثرات زیست محیطی نامطلوبی که سوخت های فسیلی و حتی سوختهای هسته ای به جا می گذارند را ندارد می تواند منبع مناسبی جهت جای گزینی سوختهای فسیلی محسوب میشوند *(Dutra & Szklo 2012)*.

بنابر تحقیقات سازمان آژانس بین المللی انرژی تا سال ۲۰۵۰، رشد ۲۰ تا ۲۵ درصدی در استفاده از انرژی خورشیدی به وجود خواهد آمد و سامانه های انرژی فتوولتاییک قادر خواهند بود ۹۰ هزار تراوات ساعت انرژی تولید نمایند و مانع خروج بیش از ٦ بیلون تن دی اکسید کربن از جو خواهد شد. بدون استثناء همه محقیقن (چه داخل کشور و چه محققین سایر کشورها) بر این باورند که احداث سایتهای تولید انرژی خورشیدی امری لازم است که اثرات اقلیمی، جغرافیایی، اقتصادی، زیست محیطی و حتی سیاسی و اجتماعی برجای میگذارد. در بسیاری از قسمتهای ایران انرژی تابشی خورشید بسیار بالاتر از این میانگین بین المللی می باشد و در برخی از نقاط حتی بالاتر از ۷ تا ۸ کیلووات ساعت بر مترمربع اندازه گیری شده است ولی بطور متوسط انرژی تابشی خورشید در ایران حدود ٤,٥ کیووات ساعت در متر مربع در روز است(سابتا، ۱۳۹۸).

جدول۱: مجموعه عوامل مؤثر در جذب انرژی تابش خورشیدی.

کلاس	زیر کلاس	معیار	متغیر در لایه	دلیل اهمیت
عوامل فیزیکی	شکل زمین	ارتفاع	ارتفاع از سطح دریا	کاهش هزینه‌ها و امکان احداث
		شیب	درصد شیب زمین	
	زمین شناسی و خاک شناسی	پایداری زمین	تیپ سنگ شناسی و خاک شناسی	تامین امنیت و کاهش هزینه‌های بازسازی و تعمیر و کاهش گرد و غبار
		گسل و معدن	محل گسلها و معادن منطقه	
		شنزار	مناطق و تپه های شنی	
عوامل بیولوژیکی	پوشش گیاهی و کاربری زمین	جنگل	محل و اطلاعات توصیفی مناطق جنگلی، باغات و زمین‌های زراعی	افزایش میزان دریافت انرژی خورشیدی
		باغ		
		زمین زراعی		
	محدوده‌های آبی	دریا، دریاچه و تالاب	اطلاعات توصیفی منابع آبی و شناسایی نقاط سیل خیز، رودخانه‌های اصلی و دائمی، محل یاتاق ها و مرداب ها	تامین امنیت سازه های نیروگاهی
		مسیل		
		رودخانه		
		یاتاق و مرداب		
	محدوده زیست‌محیطی	مناطق حفاظت شده	اطلاعات توصیفی مناطق ۴ گانه	حفاظت از محیط زیست طبیعی
	محدوده‌های جمعیتی	مراکز پر جمعیت	محل و اطلاعات توصیفی شهرها و روستاها و مناطق مسکونی	افزایش امنیت و جلوگیری از مشکلات زیبا شناختی
		مراکز کم جمعیت		
عوامل اقتصادی، اجتماعی	راههای ارتباطی	آزادراه و بزرگراه	اطلاعات توصیفی جاده‌های اصلی، فرعی و خطوط راه‌آهن	سهولت در دسترسی به محل و کاهش هزینه‌های حمل تجهیزات
		راههای محلی		
		راه آهن		
عوامل فنی	انتقال نیرو	خطوط انتقال نیرو	اطلاعات توصیفی محل خطوط انتقال نیرو	کاهش هزینه‌های انتقال نیرو
		پست برق		
	دریافت انرژی	میزان تابش دریافتی	میزان انرژی دریافتی از خورشید	افزایش راندمان دریافت انرژی
زیرساخت‌ها	تاسیسات خاص	فرودگاهها	محل و اطلاعات توصیفی فرودگاه آب بند، سد، پالایشگاه شهرکهای صنعتی و کارخانجات منطقه مورد مطالعه	تامین امنیت سازه و افزایش راندمان دریافت انرژی
		آب‌بندها و سدها		
		پالایشگاهها و خطوط انتقال نفت و گاز		
		نیروگاهها		

منبع: نگارندگان۱۳۹۹.

بر اساس اطلس جامع *GIS* در بررسی انرژی خورشیدی ایران، میزان متوسط سالیانه انرژی تابش کل خورشید بر سطح افقی(*GHI*) و مقدار متوسط سالانه ساعات آفتابی بترتیب برابر با ۵,۲ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز و ۳,۲ کیلووات ساعت در روز برآورد شده است. (حق پرست کاشانی و همکاران ۱۳۹۳) به عبارت دیگر میزان تابش نور خورشید در کشور ایران حدود پنج کیلووات ساعت انرژی در روز در مترمربع است و بیش از۳٤ درصد خاک ایران در سال، ۳۰۰ روز در معرض تابش نور خورشید قرار دارد، بر این اساس مجوعه موامل اثر بخش در جذب تابش خورشیدی شامل سلسه عواملی است که در ذیل بیان میگردد:

- ساعات آفتابی و میزان ابرناکی

مجموع ساعات آفتابی ماهانه یا سالانه مهم ترین فراسنج اقلیمی است که میزان انرژی دریافتی از خورشید را نشان می دهد. عوامل زیادی بر میزان ساعات آفتابی تاثیر میگذارند که از جمله می توان به عرض جغرافیایی اشاره کرد که بطور مستقیم بر روی این فراسنج اثرگذار است. از عوامل دیگر میتوان ابرناکی آسمان و غبارآلودگی هوا را نام برد که بر روی ساعات آفتابی تأثیر منفی میگذارند ابرها باعث کاهش تابش خورشید و در نهایت کاهش تابش موثر می شوند. ابرها به طور متوسط۲۱ درصد انرژی طول موج کوتاه خورشید را برمیگردانند. در مواقعی که هوا آفتابی بوده و هیچ ابری در آسمان وجود ندارد قسمت اعظم انرژی خورشید به زمین می رسد(علیجانی، ۱۳۸۳).

-آب و هوا (دما و بارش)

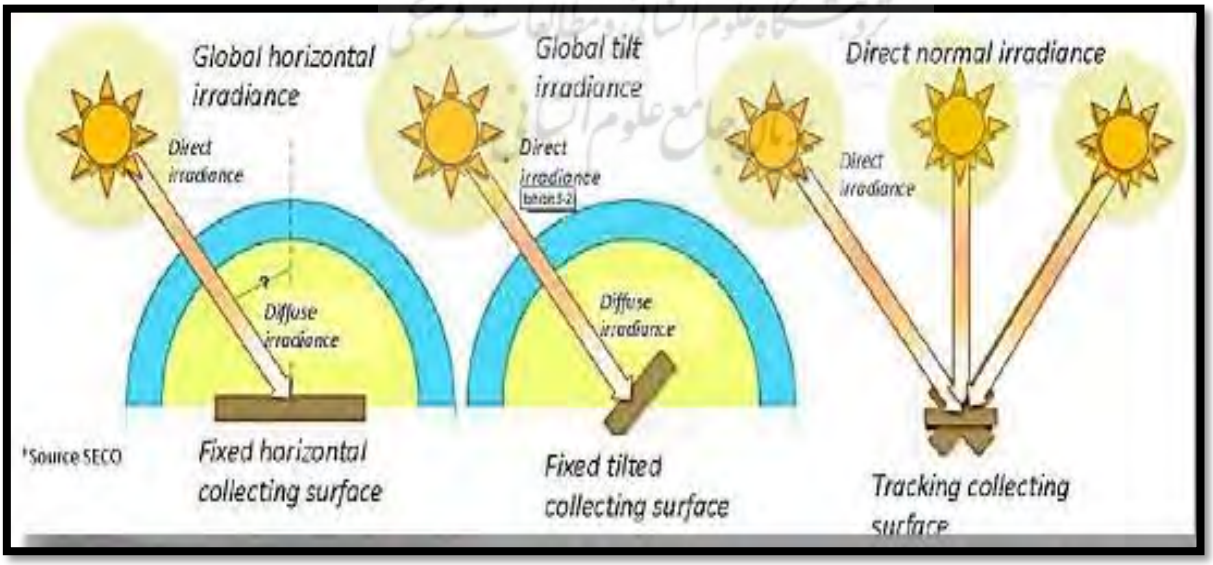
تصور نادرست رایجی که وجود دارد این است که برای تولید الکتریسیته توسط یک سلول خورشیدی گرما لازم است. افزایش دما باعث افزایش مقاومت و کاهش ولتاژ در سلولهای سیلیکونی و همچنین کاهش قدرت جذب سلول و در نتیجه کاهش جریان تولید و در نهایت کاهش راندمان میشود. در آب و هوای سرد مقاومت کاهش یافته و ولتاژ افزایش میابد. یکی از اجزاء سیستمهای فتوولتاییک، مبدل انرژی یعنی پنل خورشیدی می باشد، برای اینکه این سیستم توان و انرژی موردنیاز بار موردنظر را تأمین نماید، بایستی به درستی طراحی شود. یکی از مواردی که در تعیین اندازه پنل مورد نیاز مؤثر است، بازده آن میباشد، بازده پنل به دمای آن بستگی دارد و دمای پنل نیز ناشی از دمای محیط و شدت تابش خورشید است. همانطور که گفته شد توان خروجی پنل با تغییرات دمای سلول تغییر میکند، با توجه به روبط گفته شده(در کتاب کزاک توان خروجی پنل با درجه حرارت رابطه عکس دارد).

[1]- *Global Horizotal Irradation*

بارش نیز زمانی اتفاق میافتد که هوای مرطوب و عامل صعود، هر دو با هم در منطقه ای وجود داشته باشند (علیجانی، ۱۳۸۳) پس مناطق پرباران حکایت از بالا بودن رطوبت دارند که از عوامل مهم بازتاب انرژی طول موج کوتاه خورشید میباشد از طرف دیگر از آنجاکه برای تشکیل باران نیاز به هسته های تراکم میباشد، بارش زیاد نشاندهنده وجود ذرات معلق زیاد در جو میباشد که در جذب و انعکاس تابش موج کوتاه نقش دارد . همچنین بارش باران اثرات نامطلوبی را، از اشکالات فنی گرفته تا کثیف شدن سطح صفحات فتوولتاییک سبب می شود(حیدری، ۱۳۸۳).

-توپوگرافی (ارتفاع، شیب و جهت شیب)

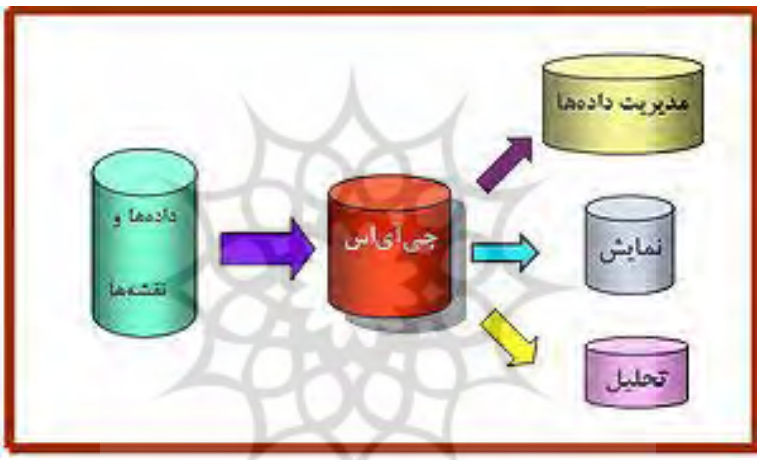
ارتفاع با ضخامت اتمسفر رابطه معکوس دارد به این معنی که با افزایش ارتفاع از ضخامت جو کاسته میشود. از دیگرسو هرچه ضخامت جو بیشتر باشد حاکی از غلظت بالاتر عناصر جذبی و انعکاسی می باشد. از آنجاکه مواد درشت تر و غلیظتر در طبقات پایین اتمسفر جمع می شوند، پس هرچه ارتفاع منطقه بیشتر باشد ترکیبات جو رقیقتر و ضخامت جو کمتر است و انرژی طول موج کوتاه خورشید بیشتر خواهد بود (علیجانی، ۱۳۸۳) در نتیجه مناطق مرتفع تر پتانسیل بیشتری جهت احداث نیروگاه های خورشیدی دارند. همچنین مقدار ارتفاع باید به اندازه ای باشد که انتقال تجهیزات نیروگاهی میسر باشد و هزینه ها قابل توجیه باشد بنابراین فرض اینکه ارتفاع بالای ۲۰۰۰ متر برای احداث نیروگاه مناسب نیست، فرض درستی به نظر میرسد. مناسبترین شیب برای نصب پنلهای خورشیدی شیب کمتر از ۳ درصد است (*Hang 2008*) و بهترین جهت شیب برای دریافت نور خورشید در نیمکره شمالی، جهت های جنوبی هستند(جهت شیب ۹۰ تا ۲۷۰ درجه باشد).



شکل۱: تیپهای تابشی انرژی خورشیدی.

روش تحقیق

این پروژه یک تحقیق توسعه‌ای از نوع روش تحقیق کمی، کیفی، توصیفی و تحلیل فضایی (مکانی) است که مبانی تئوریک آن بر اساس مطالعات کتابخانه‌ای انجام گرفته است. در حال حاضر از این سیستم‌ها بسته به نیازهای هر منطقه یا کشور در بخش‌های مختلف (مانند مطالعات زیست‌محیطی، برنامه‌ریزی شهری و شهرداری، خدمات ایمنی شهری، مدیریت حمل و نقل و ترافیک شهری، تهیه نقشه‌های پایه، مدیریت کاربری اراضی، خدمات بانکی، خدمات پستی، مطالعات جمعیتی و مدیریت تأسیسات شهری مثل برق، آب،گاز، و..) استفاده می‌شود و با گذشت زمان و توسعه سیستم‌ها، کاربرد جی‌آی‌اس به کلیه بخش‌های مرتبط با زمین گسترش یافته است.



شکل۲: کاربرد جی‌آی‌اس در تحلیل داده ها.

روش تحلیل کمی: این شیوه که به روش تجزیه و تحلیل آماری نیز شهرت دارد، در مورد اطلاعات و داده های کمّی به کار میرود. استفاده از روشهای آماری کمی و استنباطی در این پروژه برای آماده سازی داده های آماری اقلیمی ایستگاه های سینوپتیک و تحلیل اعتبار سنجی داده های خروجی مراحل محتلف استفاده گردید.

روش تحلیل کیفی: داده های بسیاری از تحقیقات علمی کمّی نبوده، جنبه آماری ندارند، معیار و مبنای دیگری غیر از روشهای آماری باید برای تجزیه و تحلیل آنها به کار رود این مبنا و معیار در تجزیه و تحلیلهای کیفی مشخصه عقل، منطق، تفکر و استدلال است؛ یعنی محقق با استفاده از عقل و منطق و غور و اندیشه و تجربه باید اسناد، مدارک و اطلاعات را مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دهد و حقیقت و واقعیت را

کشف و درباره ی فرضیه ها اظهار نظر نماید. بخش رتبه بندی و تعیین وزن معیارهای مکانیابی با استفاده از روش تحلیلی کیفی انجام میگیرد.

روش توصیفی: محقق پس از استخراج اطلاعات اقدام به خلاصه کردن و طبقه بندی داده های آماری می نماید و این کار را با تشکیل جداول توزیع فراوانی انجام میده. .پس از تشکیل جداول توزیع فراوانی محقق میتواند درصدهای توزیع فراوانی و درصدهای تراکمی را محاسبه کند.استفاده از نرم افزارهایی مانند *Excel* و *SPSS* در تحلیل توصیفی اغلب تحقیقات به وفور مورد استفاده قرار میگیرند همانطور که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفتند.

روش تحلیل فضایی (مکانی) : از این شیوه برای تجزیه و تحلیل پدیده ها در فضای جغرافیایی نظیر الگوهای پخش، شبکه ها، ساختارها و سیستمهای فضایی، مکانیابی، ساماندهی و آمایش و نظایر آن استفاد میشود و نه تنها به تبیین توصیفی و تصویری پدیده ها اقدام میکند بلکه روابط همبستگی بین پدیده ها و نیز سطح همپوشی بین لایه های اطلاعات فضایی را مورد بررسی قرار میدهد. امروزه برای تجزیه و تحلیل فضایی پدیده ها در فضای جغرافیایی(اعم از پدیده های طبیعی، فیزیکی، انسانی، اجتماعی، اقتصادی، فنی، سیاسی، نظامی، امنیتی، فرهنگی، سکونتگاهی و ...) از نرم افزارهای تحلیل مکانی استفاده میشود. یکی از مهم ترین اینها نرم افزارهای *GIS* است که به صورت یک شاخه تخصصی در قلمرو فناوریهای جغرافیایی درآمده است.
سیستم اطلاعات جغرافیایی، داده های فضایی و جغرافیایی را جمع آوری، ذخیره سازی، مدیریت، بازیابی، بهنگام سازی، پردازش، تحلیل و مدلسازی نموده و آنها را به صورتهای گوناگون به نمایش میگذارد. از معروفترین و پرکاربردترین نرم افزارهای *GIS* می توان به برنامه های *ArcGIS* و *Quantom GIS* اشاره کرد. در این پژوهش بخش عمده روش تحقیق شامل تحلیل مکانی است چرا که متکی بر مکانیابی بوده و با توجه به اینکه فرایند مکانیابی یک مسأله تصمیم گیری چند معیاری است و با استفاده از ماتریسهای مدلهای رستری قابل انجام است، از نرم افزار *ArcGIS* نسخه ۱۰,۵ استفاده میگردد که علاوه بر مدل وکتوری، مدل رستری را نیز مورد پشتیبانی قرار میدهد و علاوه بر این، قابلیت استفاده از قواعد تصمیم گیری چند معیاره در آن وجود دارد.

محدوده جغرافیایی مورد مطالعه

استان تهران به مرکزیت شهر تهران، با وسعتی حدود ۱۲,۹۸۱ کیلومتر مربّع بین ۳٤ تا ۳٦,۵ درجه عرض شمالی و ۵۰ تا ۵۳ درجه طول شرقی واقع شده‌است. این استان از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان

قم، از جنوب غربی به استان مرکزی، از غرب به استان البرز و از شرق به استان سمنان محدود است. جمعیت این استان طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ بالغ بر ۱۳,۲٦۷,٦۳۷ نفر بوده‌است که ۱۲,٤٥۲,۲۳۰ در نقاط شهری و ۸۱٤,٦۹۸ در نقاط روستایی ساکن هستند. مرکز این استان شهر تهران است. اولین قانون تقسیمات کشوری در سال ۱۳۲۵ هجری قمری (۱۲۸۵ هجری شمسی) به تصویب رسید و طبق آن سرزمین ایران به چهار ایالت تقسیم شد و در اصلاحیه ای که در همان سال اعلام شد، تهران دارالخلافه اعلام گردید. طبق تقسیمات کشوری آبان ۱۳۱٦ هجری شمسی، کشور ایران به شش استان تقسیم گردید که تهران در استان شمال که شامل ۱۳ شهرستان بود قرار گرفت. در اصلاحیه ای که در دی ماه همان سال صورت گرفت، کشور به ۱۰ استان تقسیم شد و شهرستان تهران جزیی از استان دوم شد. در تقسیمات سال ۱۳۲۱، تهران خود به استانی مستقل تبدیل گردید. با ایجاد تغییراتی گسترده در سال ۱۳۳۵ هجری شمسی، تهداد استان ها به ۱۳ رسید و شهرستان تهران به همراه ٦ شهرستان دیگر، استان مرکزی را تشکیل دادند که شهر تهران مرکز آن بود. سرانجام در آبان سال ۱۳۵۷ استان تهران به مرکزیت شهر تهران ایجاد گردید. در جلسه هیئت دولت در تاریخ ۱۲ بهمن سال ۱۳۸۸، لایحه تأسیس استان البرز تصویب و به مجلس شورای اسلامی فرستاده شد و در ادامه با تصویب نمایندگان مجلس شورای اسلامی در تاریخ ۷/٤/۱۳۸۹ شهرستان‌های کرج، ساوجبلاغ به مرکزیت هشتگرد و نظرآباد از استان تهران جدا شد. ۱٦ شهرستان ری، قدس، شهریار، ورامین، دماوند، فیروزکوه، شمیرانات، اسلام‌شهر،ملارد،بهارستان، پردیس ،تهران، رباط کریم،پاکدشت،پیشوا و قرچک از مراکز جمعیتی مهم استان هستند(استانداری تهران۱۳۹۹).

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

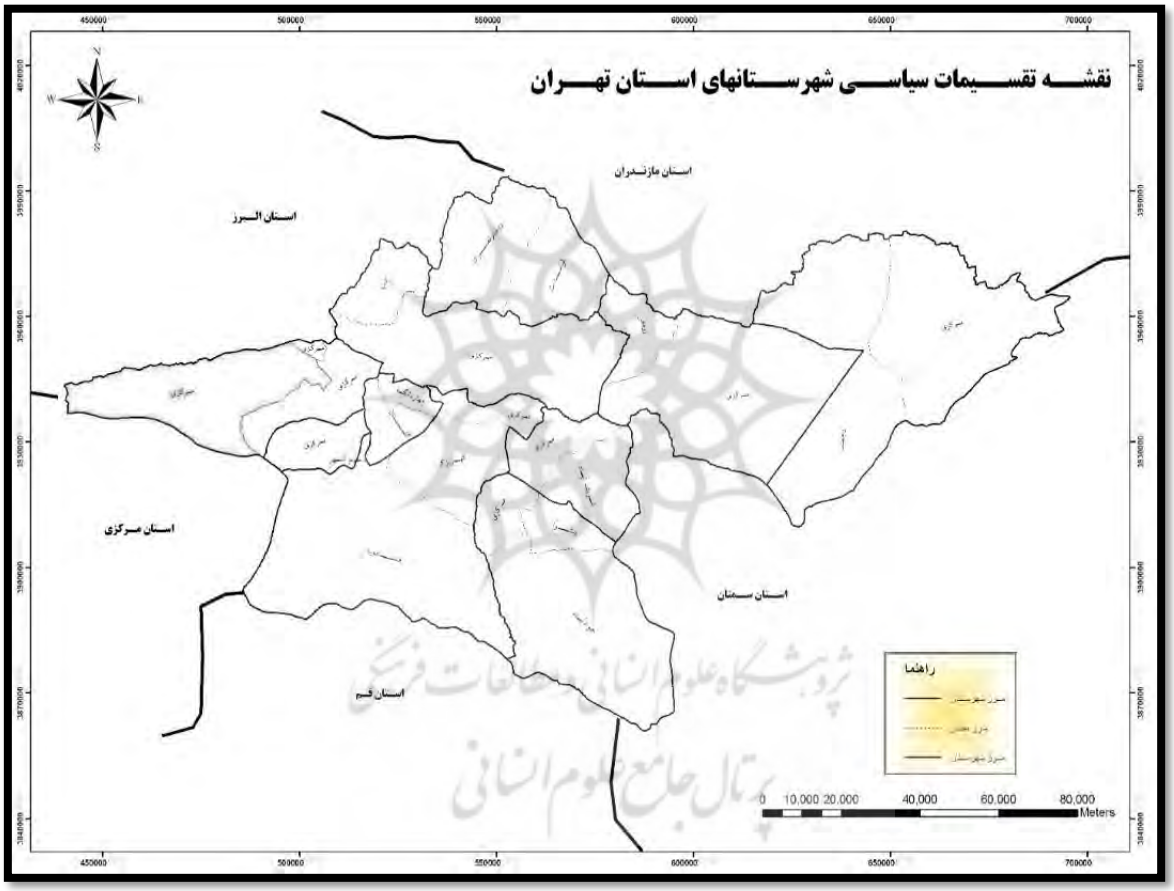
جدول۲: تقسیمات جغرافیایی- سیاسی استان تهران.

شهرستان					مرکز		
ردیف	نام	جمعیت	تعداد بخش	تعداد شهر	مرکز	جمعیت مرکز	جمعیت نسبت به کل شهرستان
۱	شهرستان اسلامشهر	٥٤٨,٦٢٠ نفر	۳ بخش	۳ شهر	اسلامشهر	٤٤٨,١٢٩ نفر	٪٨١,٦٨
۲	شهرستان بهارستان	٥٢٣,٦٣٦ نفر	۲ بخش	۳ شهر	گلستان	٢٥٩,٤٨٠ نفر	٪٤٩,٥٥
۳	شهرستان پاکدشت	٧٥٠,٩٦٦ نفر	۲ بخش	۲ شهر	پاکدشت	٧٠٦,٤٩٠ نفر	٪٩٠,٠٧
٤	شهرستان پردیس	٢٦٩,٠٦٠ نفر	۲ بخش	۲ شهر	پردیس	٧٣,٣٦٣ نفر	٪٢٧,٢٧
٥	شهرستان پیشوا	٧٥,٧٥٠ نفر	۲ بخش	۱ شهر	پیشوا	٥٩,١٨٤ نفر	٪٧٨,١٣
٦	شهرستان تهران	٨,٧٣٧,٥١٠ نفر	۳ بخش	۱ شهر	تهران	٨,٦٩٣,٧٠٦ نفر	٪٩٩,٥٠
۷	شهرستان دماوند	١٢٥,٤٨٠ نفر	۲ بخش	٥ شهر	دماوند	٤٨,٣٨٠ نفر	٪٣٨,٥٦
۸	شهرستان رباط‌کریم	١٩٥,٩١٧ نفر	۱ بخش	۳ شهر	رباط کریم	٧٨,٠٩٧ نفر	٪٣٩,٨٦
۹	شهرستان ری	٣٤٩,٧٠٠ نفر	٥ بخش	٤ شهر	شهر ری	٢٩٧,٧١١ نفر	٪٧٩,٩٩
۱۰	شهرستان شمیرانات	٤٧,٢٧٩ نفر	۲ بخش	٤ شهر	شمیران	٣٧,٧٧٨ نفر	٪٧٩,٩٠
۱۱	شهرستان شهریار	٧٤٤,٢١٠ نفر	۱ بخش	۷ شهر	شهریار	٢٤٩,٤٧٣ نفر	٪٣٣,٥٢
۱۲	شهرستان قدس	٦٦٣,٢٩٠ نفر	۱ بخش	۱ شهر	شهر قدس	٣٩٧,١٥٣ نفر	٪٥٩,٨٨
۱۳	شهرستان قرچک	٣٠٠,٠٠٠ نفر	۱ بخش	۱ شهر	قرچک	٢٦٩,١٣٨ نفر	٪٨٩,٧١
١٤	شهرستان فیروزکوه	٣٣,٥٥٨ نفر	۲ بخش	۲ شهر	فیروزکوه	١٧,٤٥٣ نفر	٪٥٢,٠١
١٥	شهرستان ملارد	٣٧٧,٢٩٢ نفر	۱ بخش	۲ شهر	ملارد	٢٨١,٠٢٧ نفر	٪٧٤,٤٩
١٦	شهرستان ورامین	٤٦٨,٣٤٩ نفر	۲ بخش	۲ شهر	ورامین	٢١٨,٩٩١ نفر	٪٤٦,٧٦

منبع: استانداری تهران ۱۳۹۹.

استان تهران با بیش از ۱۳ میلیون نفر جمعیت، ۱۹ درصد جمعیت کل کشور را در خود جای داده‌است. از این میزان ۱۲، ۲۵۲ هزار نفر در مناطق شهری و ۱، ۱٦۱ هزار نفر در مناطق روستایی آن ساکن هستند. ٦/٦۳درصد

از جمعیت شهری استان تهران در شهر تهران و ۳/۱۱ درصد آن در شهرستان کرج و مابقی در حدود ۵۰ شهر دیگر استان ساکن هستند. رشد جمعیت شهر تهران ۱/٤ درصد است که در مقایسه با دهه قبل اندکی افزایش یافته‌است. میان شهرهای استان تهران، شهریار با ۸/۱٦ درصد رشد سالیانه، در مقام اول رشد قرار دارد و ملارد با ۱۰ درصد و پاکدشت با ۹/۹ درصد و صفادشت با ۸/۸ درصد رشد سالانه در مقام‌های بعدی قرار دارند. در طول دهه ۱۳۸۵-۱۳۷۵ ده شهر به شهرهای استان تهران اضافه شده‌اند که بزرگ‌ترین آنها شهرهای اندیشه، صالح‌آباد و باغستان و نصیرآباد با ۷۵ هزار، ٥٤ هزار، ۵۲ هزار، ۲۳ هزار نفر و کوچک‌ترین آنها شهر ارجمند با ۱۷۰۰ نفر بوده‌است. استان تهران امروزه دارای ۱٦ شهرستان، ٤۲ شهر و ۷۸ دهستان است.

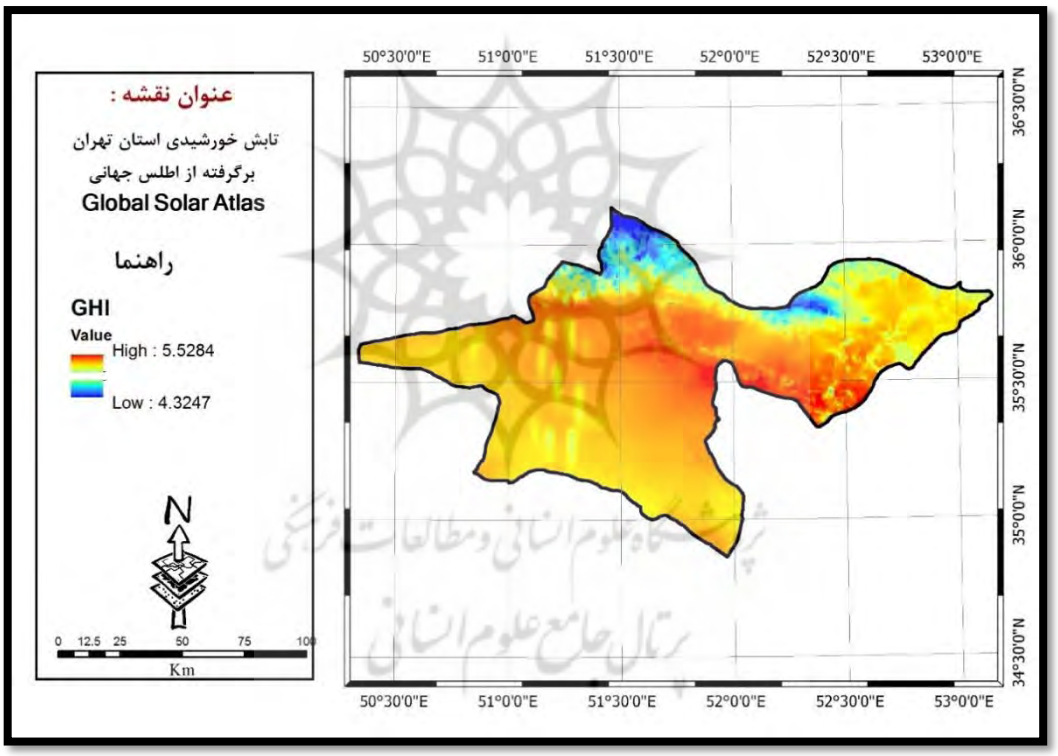


شکل۳: نقشه جغرافیای استان تهران.

یافته های تحقیق

آرایه های فتوولتائیک باید بر روی یک ساختار پایدار و بادوام قرار بگیرند تا بتوانند در مقابل وزش باد، باران، طوفان و دیگر ناسازگاریهای محیط مقاومت کنند. به علاوه موقعیت آنها باید به گونهای باشد که بتوانند به بهترین شکل در معرض تابش مستقیم نور خورشید قرار گرفته و بالاترین جذب انرژی را در هنگام تابش

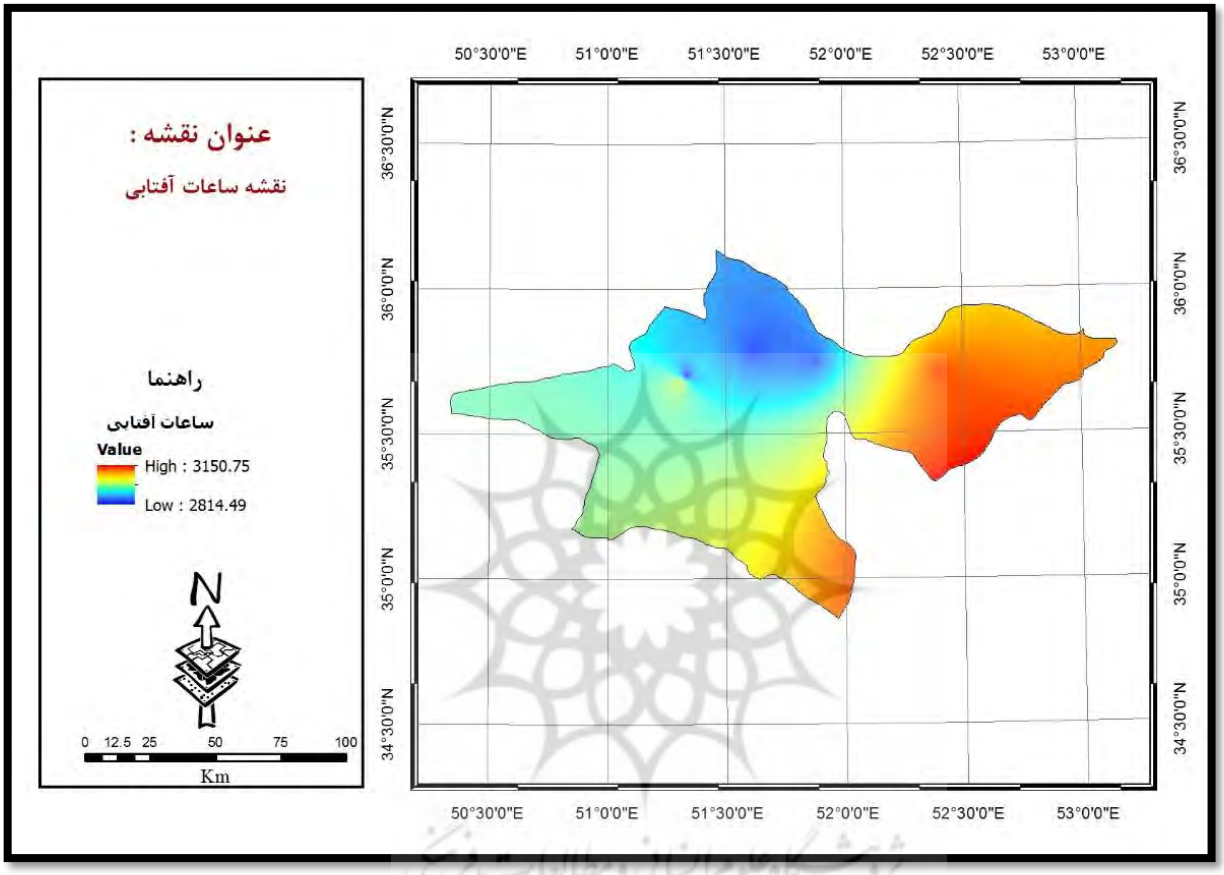
خورشید داشته باشند. این پایه ها به دو شکل ثابت و متحرک ساخته میشوند. پایه های ثابت معمولاً ساختار ساده تری داشته و هزینه ساخت و نصب آنها کمتر است. این ساختارها دارای زاویه خاصی هستند که این زاویه با توجه به عرض جغرافیایی محل مورد نظر، شیب محل و زمانهایی که نورخورشید بیشتر است و نیز با توجه به توتان مورد نیاز مصرف کننده به دست می آید. به طور کلی ماکزیمم جذب برای هر جسمی در هنگام ظهر خورشیدی است. اگر جسم با زاویه عرض جغرافیایی محلی که در آن قرار دارد، در مقابل خورشید قرار گیرد، زاویه تابش خورشید به جسم به صورت عمودی خواهد بود و ماکزیمم جذب را در طول سال در این حالت خواهیم داشت. بنابراین زاویه آرایه های فتوولتائیک نیز باید با عرض جغرافیایی محل مورد نظر برابر بوده و جهت آنها رو به خورشید باشد، مثلاً در نیمکره شمالی باید رو به جنوب قرار گیرند. در این حالت ماکزیمم جذب خورشید را خواهیم داشت و بیشترین جذب هنگام ظهر خورشیدی خواهد بود.



شکل٤: نقشه جغرافیای تابش خورشیدی استان تهران.

اگر محل مورد نصب دارای شیب باشد زاویه باید با توجه به شیب در نظر گرفته شود. مثلاً اگر شیب محل مورد نظر ۲۵ درجه و زاویه عرض جغرافیایی محل مورد نظر ۵۰ درجه باشد، پایه باید با زاویه ای ۲۵ درجه (تفاضل این دو عدد) ساخته شود .عامل مؤثر دیگر عامل توان مصرفی میباشد. گاهی ممکن است در ساعت خاصی از روز مثلاً بعد از ظهر و یا قبل از ظهر و یا در فصل خاصی مثلاً زمستان یا تابستان توان مصرفی

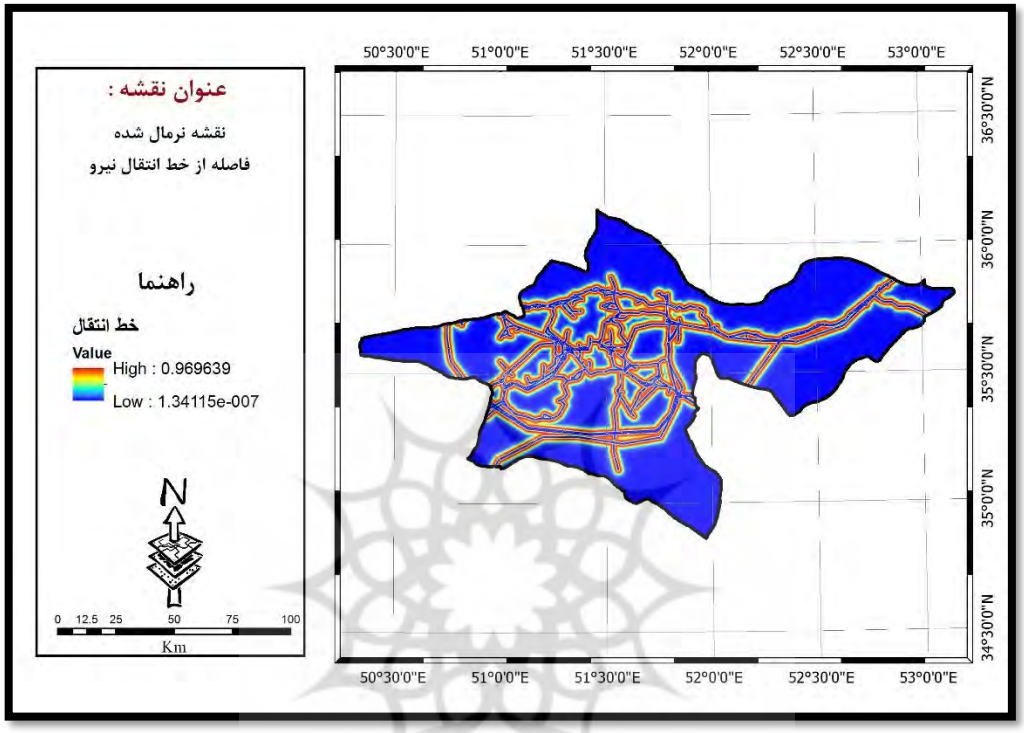
بسیار بالاتر باشد و بخواهیم پیک سیستم در آن هنگام باشد در این حالت زاویه و جهت پایه باید با توجه به آن حالت خاص طوری طراحی شود که نور در آن ساعت به طور عمودی بر آن بتابد تا ماکزیمم جذب را در آن ساعت روز داشته باشیم. همانطوری که (نجفی و دهقان ۱۳۸٦) تأکید دارند در این حالت راندمان مقداری پایین تر می آید چون همانگونه که گفته شد پیک ماکزیمم در هنگام ظهر خورشیدی رخ میدهد.



شکل۵: نقشه جغرافیای ساعات آفتابی استان تهران.

برای تعیین کمیت «تراز گرما» ی زمین، تابش دریافتی در بالای جو را ۱۰۰ واحد می‌گیریم؛ (۱۰۰ واحد = حدود ۱۳٦۰ وات در هر متر مربع سطح زمین رو به خورشید). با توجه به سپیدایی زمین، حدود ۳۵ واحد آن به فضا بازتاب شده؛ ۲۷ واحد از بالای ابرها، ۲ واحد از مناطق برفی و پوشیده از یخ و ٦ واحد دیگر از جو. ٦۵ واحد باقی‌مانده جذب زمین می‌شوند؛ ١٤ واحد آن درون اتمسفر و ۵۱ واحد در سطح زمین. این ۵۱ واحد خود به صورت تابش زمینی به فضا بازتابانده می‌شوند: ۱۷ واحد مستقیماً به فضا تابیده می‌شود و ۳٤ واحد در اتمسفر جذب می‌شود (۱۹ واحداز طریق گرمای نهان چگالش، ۹ واحد از راه همرفت و تلاطم، و ٦ واحد مستقیم جذب می‌شوند). ٤۸ واحد جذب شده توسط جو (۳٤ واحد از پرتوهای زمینی و ١٤ مورد با تایش) و

همانطوری که (*Sharma. 2008*) معتقد است سرانجام به فضا تابانده می‌شوند. این ٦٥ واحد (١٧ واحد از زمین و ٤٨ واحد از اتمسفر) که همان ٦٥ واحد دریافت شده از خورشید است که به منظور حفظ صفر خالص تبادل انرژی برای زمین ضروری است.



شکل٦: نقشه جغرافیای فاصله از خطوط انرژی در استان تهران.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

نتایج تحقیق

نتایج تحقیق و بررسی های زیاد نشان میدهد که مهمترین عامل جغرافیایی موثر بر تابش خورشیدی، فاکتور جهت شیب است. به همان شکلی که شیبهای جنوبی که در جهت تابش قرار دارند و تاثیر مستقیم بر جذب تابش خورشیدی دارند، شیبهای شمالی و شرقی و غربی تاثیر منفی دارند لذا نقشه جهت شیب به نظر میرسد مهمترین عامل توپوپرافیک برای پهنه بندی پتانسیل خورشیدی است. بطور قطع نمیتوان گفت کدام مدل مناسبرتین مدل است و آنرا برای همه پروژ های مشابه در همه جا تجویز نمود. با توجه به اینکه نتایج مدلها، تا اندازه ای با پیش بینی های حدودی و ذهنی همخوانی دارد. واقع امر این است که برای کاربردی کردن پژوهشها لازم است که هزینه های آن پژوهش بدرستی پرداخت شود و از داده ها و امکانات مناسبی برای

مدلسازی استفاده نمود. به عنوان مثال اگر لازم باشد در سطح محلی و با مقیاسهای بزرگ برای مکان یابی پنلهای پشت بامی (*Rooftop PV*) اقدام نمود و در سطوح غیر نیروگاهی که قطعا جنبه های اجرایی آن به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه تر است، عمل نماییم نیاز به داده های لایدار (*Lidar*) با دقت زیر دو متر، عکسهای هوایی بزرگ مقیاس، تصایر *WolrdView* با دقت سانتی متر و ... هست که عملا یا وجود ندارند و یا هزینه تهیه آنها در طرح های پژوهشی(لااقل در ایران) بسیار زیاد است. تحقیق حاضر در سطح استان تهران و بیشتر با جنبه سیاستگذاری در برنامه های آتی جهت استفاده بیشتر از انرژی تابشی صورت گرفته است.

منابع تحقیق

حبیبی نیا، زهرا (۱۳۹۱)، بررسی و تحلیل پتانسیل انرژی خورشیدی برای شمال غرب ایران، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز

اسفندیاری، علی، (۱۳۸۳)، پتانسیل سنجی احداث نیروگاه‌های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از *GIS*

حق‌پرست، کاشانی و آرش و پژمان صالح ایزدخواست و حمیدرضا لاری (۱۳۸۸)، تدوین اطلس جامع *GIS* انرژی خورشیدی ایران بر اساس مدل تابش سنجی *NRI*، مجموعه مقالات بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق.

حیدری، مهدی، (۱۳۸۳)، مکان یابی ساخت نیروگاه‌های خورشیدی در ایران، نفت و انرژی.

خوش اخلاق، فرهاد، (۱۳۸٦)، مکان یابی نیروگاه خورشیدی با توجه به پارامترهای اقلیمی، نشریه سپهر.

انرژی‌های نو ایران، تهران.

سعیدی، محسن، کرباسی، عبدالرضا، سهراب، تیکا، صمدی، رضا، (۱۳۸٤)، مدیریت زیست محیطی نیروگاه‌ها، وزارت نیرو- سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا).

صفایی، بتول، خلجی اسدی، مرتضی، طالقانی، گیتی، (۱۳۸۳)، برآورد پتانسیل و شدت تابش خورشیدی در ایران و تهیه اطلس تابشی آن، علوم و فنون هسته‌ای سازمان انرژی اتمی ایران، شماره ۳۳.

فرجی سبکبار، حسنعلی، پاک طینت مهدی آبادی،هادی، رحیمیکیان، اشکان، عشورنژاد، غدیر، (۱۳۹۲)، تناسب سنجی اراضی به منظور احداث مزارع فتوولتائیک به کمک تلفیق سیستم‌های جمع سادهٔ وزنی و استنتاج فازی در ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ٤٥، شمارهٔ ٤، ٤٥-٦٠.

سابتا (سازمان انرژیهای پاک)، ۱۳۹۸، مجموعه گزارشات استفاده از انرژی خورشیدی.

کسمایی، مرتضی، (۱۳۷۲)، پهنه‌بندی اقلیمی ایران مسکن، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

نصیری، مریم، (۱۳۹۱)، ارزیابی انرژی پتانسیل خورشیدی در مناطق بیابانی ایران، اولین همایش ملی بیابان، تهران، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران.

یوسفی، حسین؛ نورالهی، یونس؛ سلطان محمدی، مجید؛ ارجمندی، رضا، (۱۳۹۱)، کاربرد منطق فازی و *FTOPSIS* جهت مکانیابی نیروگاه خورشیدی با استفاده از *GIS* (مطالعه موردی استان تهران)، نشریه انرژی، دوره ۱۵، شماره ٤، صفحه ۸.

M. Uyan, "GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 28, pp. 11-77, 22, 1113.

Esri."What is GIS?" Internet : http://www.esri.com/what-is_gis/overview#overview_panel, [Mar. 25, 2014].

Geo Earth Mapping GIS Services. " Example of GIS Layers" Internet : http://www.gembc.ca/GIS-Mapping%20Services.html , [Mar. 25, 2014].

H. A. Effat, "Selection of Potential Sites for Solar Energy Farms in Ismailia Governorate, Egypt using SRTM and Multicriteria Analysis," International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS, vol. 1, pp. pp. 205-220, 2013.

Dipippo, R. (2012). Geothermal Power Plants, Massachusetts: Butterworth Heinemann

Dudley, Nigel, (2008), Back to the energy crisis— the need for a coherent policy towards energy systems,Policy Matters

Sharma, P.D. (2008). Environmental Biology & Toxicology (2nd ed.). Rastogi Publications. pp. 44–55I INNN1111111111111.

Gunerhan, H and A Hepbasli (2007), Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications,Building and Environment, N.42, pp. 779–783.

Muneer, T. Muneer, S. (2006),Discourses on solar radiation modeling. Renewable and sustainable energy review, volumell, Issuet 4, pages 551-602

Sheng C, Azevedo JLT (2005) Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data. Biomass Bioenergy 28:499–507

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی