تهیه نقشه تابش خورشیدی استان خراسان رضوی با استفاده از مدل ارتفاعی رقومیDEM

آمنه برهانی تخته جان، حسین محمدزاده

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم، گروه زمین شناسی، مرکزتحقیقات آب های زیرزمینی (متآب)

۲- دانشیار ، دانشگاه فردوسی مشهد، مرکزتحقیقات آب های زیرزمینی (متآب)، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

1- Email:borhani.amene@gmail.com

چکیده

تعیین اراضی مساعد از نظر تابش خورشیدی، گامی کلیدی برای توسعه فناوری‌های خورشیدی در یک منطقه است. هدف این مقاله تهیه نقشه‌ی پهنه بندی پتانسیل تابشی استان خراسان رضوی با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی منطقه در مدل solar radiation است. در مقیاس منطقه‌ای، توپوگرافی در تعیین میزان تابش بر سطح زمین بیشترین تاثیر را دارد. برای تخمین تابش در نقاط فاقد ایستگاه‌های اندازه گیری معمولا روش‌های درون‌یابی، با استفاده از مقادیر ایستگاه‌های اطراف استفاده می‌شود. اما در این روش‌ها ارتفاع در نظر گرفته نمی‌شود بنابراین در مناطق با توپوگرافی پیچیده کارایی بالایی ندارد. استفاده از تکنیک های GIS و داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند به حل این مشکل کمک کند. نقشه تهیه شده به خوبی تاثیر عوارض جغرافیایی را نشان می دهد به طوری که مناطق مرتفع و دامنه های رو به جنوب به مراتب تابش دریافتی بیشتری دارند.

کلمات کلیدی: تابش خورشیدی، مدل ارتفاعی رقومی، توپوگرافی.

۱. مقدمه

محدود بودن منابع انرژی فسیلی و مشکلات ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، ضرورت توجه بیش از پیش به انرژی‌های تجدیدپذیر را بر همگان روشن کرده است. کشور ایران در چشم انداز بیست ساله، در نظر دارد تا سال ۱۴۰۴، ده درصد از برق مورد نیاز خود را از منابع تجدیدپذیر تامین نماید. در حال حاضر، نوآوری در نقشه‌های تابش خورشیدی به رشد سریع بازار انرژی خورشیدی در بسیاری از کشورها کمک کرده است. همه‌ی مالکان و نصب کنندگان پنل‌های خورشیدی، سرمایه گذاران پروژه‌های بزرگ مقیاس انرژی، متخصصان صنعت، و دولت از نقشه تابش خورشیدی بهره‌مند می‌شوند. اطلاعات بهتر به معنای تصمیم‌گیری بهتر و صرفه جویی اقتصادی و تولید سریع تر منابع انرژی تجدید پذیر است. به این ترتیب، پیدا کردن محل مناسب برای نصب سیستم‌های انرژی خورشیدی اهمیت پیدا می‌کند. تهیه نقشه تابش خورشیدی برای یک منطقه معین به معنای ایجاد تصاویر آشکار توزیع جغرافیایی تابش خورشیدی است. که اطلاعاتی را در جهت انتخاب مکان بهینه یک سیستم انرژی خورشیدی فراهم می‌کند. تعیین اراضی مساعد توسعه‌ی خورشیدی، گامی کلیدی برای ایجاد آینده روشن به منظور توسعه فناوری‌های خورشیدی در منطقه است. که از مزایای آن می‌توان به تسهیل برنامه‌ریزی خطوط انتقال جدید، جذب بیشتر توسعه دهندگان پروژه های خورشیدی به ساخت، توسعه تحقیقات جدید و فرصت‌های توسعه برای برنامه

های کاربردی انرژی خورشیدی، تولید برق پاک و قابل اعتماد در منطقه برای پاسخگویی به نیازهای رو به رشد انرژی، ایجاد شغل در مناطق روستایی و دور افتاده، تنوع بخشیدن به اقتصاد و ارائه مالیات بر درآمد بیشتر اشاره کرد (Gastli & Charabi, 2010).

برای برآورد تابش خورشیدی یک منطقه، مدل‌های ریاضی متعددی توسط پژوهشگران پیشنهاد شده است. در این مدل‌ها سعی بر این است تا با استفاده از اطلاعاتی از قبیل پوشش گیاهی، ارتفاع، موقعیت جغرافیایی، دما و رطوبت هوا، رابطه‌ای برای پیش‌بینی میزان شدت تابش ارائه شود. برای نمونه در قاره اروپا تحقیقات وسیعی برروی منابع انرژی خورشیدی صورت گرفته و اطلس انرژی خورشیدی قاره اروپا (ESRA) تدوین شده است که پتانسیل انرژی خورشیدی را در نقاط مختلف این قاره و همچنین بخش‌هایی از خاورمیانه (شامل بخش عمده‌ای از ایران) مشخص می‌نماید. (حق پرست کاشانی, صالح ایزدخواست, لاری, مهرآوران و پیش دست, ۱۳۸۶). در کشور عمان نقشه‌ی تابش خورشیدی، با استفاده از مدل Solar radiation در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شده و پتانسیل تولید برق خورشیدی به روش‌های مختلف تخمین زده شده است (Gastli & Charabi, 2010). در ایران مدل‌های ریاضی فراوانی برای تخمین تابش خورشیدی توسعه یافته که از میان آن‌ها با استفاده از معیارهای خطای استاندارد، مدل دانشیار به عنوان بهینه‌ترین مدل انتخاب شده و با بررسی خطای این مدل، ضرایبی جدید به مدل دانشیار اضافه شده و مدلی تحت عنوان NIR تدوین گردیده و اطلس جامع تابش خورشیدی ایران توسط این مدل تهیه شده است (حق پرست کاشانی و همکاران، ۱۳۸۶). گرچه تنها پارامترهای مورد نیاز این مدل، عرض جغرافیایی، ضریب ابرناکی و زمان است، ضریب ابرناکی به داده‌های طولانی مدت هواشناسی احتیاج دارد که در ایران از پراکندگی مناسبی برخوردار نیست. همچنین پارامتر ارتفاع و توپوگرافی منطقه در مدل وارد نمی‌شود در صورتی که سایه-اندازی عوارض محلی در مقیاس کوچک تاثیر شدیدی بر میزان تابش دریافتی دارد، این مدل در منطقه‌ای با توپوگرافی پیچیده مانند ایران از دقت کافی برخوردار نیست.

هدف این مقاله تهیه نقشه تابش خورشیدی خراسان رضوی با استفاده از مدل Solar radiation که یک مدل بر پایه اطلاعات حاصل از مدل ارتفاعی رقومی است، در محیط نرم‌افزار ArcGIS می باشد.

۲. موقعیت جغرافیایی و شرایط منطقه مورد مطالعه

استان خراسان رضوی در شمال شرقی کشور بین ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی قرار گرفته و از شمال به کشور ترکمنستان، از شرق به افغانستان، از غرب وشمال غربی به استان‌های خراسان شمالی، سمنان و یزد و از جنوب وجنوب غربی به استان‌های خراسان جنوبی و یزد محدود شده است. این استان با مساحتی در حدود ۱۲۷۳۱۷/۷۰ کیلومتر مربع، ۸/۹ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص داده و به لحاظ جغرافیایی، تاریخی مذهبی از موقعیت خاصی بر خوردار است. طبق سند ملی توسعه استان خراسان رضوی، مهم ترین مشکلات و مسائل استان، بحران آب و عدم تعادل در توسعه‌ی یکپارچه و موزون است. استفاده از انرژی های تجدید پذیر باعث توسعه مناطق دور افتاده و تمرکززدایی می‌شود و می‌تواند بخش بزرگی از انرژی مورد نیاز برای انتقال و تصفیه‌ی آب را فراهم آورد.

۳. مواد و روش‌ها

۱.۳. مدل‌های تعیین تابش با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی DEM و تکنیک های GIS

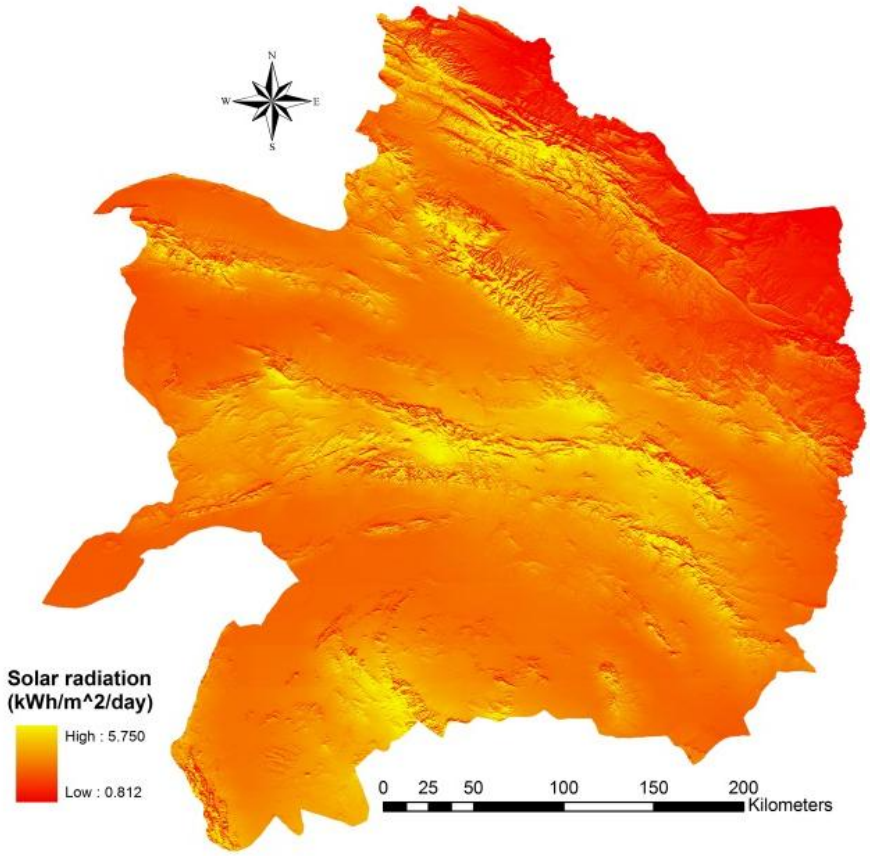
در مقیاس منطقه‌ای، توپوگرافی در تعیین میزان تابش بر سطح زمین بیشترین تاثیر را دارد. برای تخمین تابش در نقاط فاقد ایستگاه‌های اندازه گیری معمولاروش‌های درون‌یابی، با استفاده از مقادیر ایستگاه‌های اطراف استفاده می‌شود. اما در این روش‌ها ارتفاع در نظر گرفته نمی‌شود بنابراین در مناطق با توپوگرافی پیچیده کارایی بالایی ندارد. استفاده از تکنیک های

GIS و داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند به حل این مشکل کمک کند. مدل ارتفاعی رقومی[1](DEM) که با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای تهیه می‌شود، امکان در نظر گرفتن خصوصیات توپوگرافی (ارتفاع، شیب، جهت شیب و وسعت دید نسبت به آسمان) را که در توزیع زمانی و مکانی تابش تاثیر گذارند، فراهم می‌کند. بسته‌های نرم‌افزاری بسیاری با استفاده از DEM، در سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، تابش خورشیدی را محاسبه می‌کنند. یکی از اولین مدل‌های تابش خورشیدی بر پایه‌ی GIS، solar flux بوده است که در نرم افزار ARC/INFO GIS توسعه داده شده است. پس از آن مدل‌هایی مانند Solar Analyst در نرم‌افزار Arc View GIS، Solei در نرم افزار IDRISI، مدل solar radiation در نرم افزار ArcGIS و مدل r.sun در نرم افزار GRASS GIS تهیه شده است. مدل r.sun به دلیل محاسبه‌ی هر سه جزء تابش خورشیدی شامل تابش مستقیم، پراکنده و انعکاسی از دقت بالایی برخوردار است ولی در عین حال به داده‌های ورودی بسیاری همچون نوع پوشش گیاهی و رطوبت جو احتیاج دارد (Pescador, V´azquez, Arias, Batlles, Lo´pez, & Bosch, 2006). مدل solar radiation، یکی از ابزارهای Spatial Analyst در نرم‌افزار ArcGIS ، تنها قادر به محاسبه‌ی تابش پراکنده و مستقیم خورشیدی است ولی با توجه به سهم کم تابش انعکاسی، از دقت قابل قبولی برخوردار است؛ البته باید توجه داشت که در مناطق برف‌گیر تابش انعکاسی قابل چشم‌پوشی نیست (Hochwimmer, 2009). تنها داده‌ی مورد نیاز این مدل نقشه‌ی DEM منطقه است و سایر پارامترهای جغرافیایی و تابشی با توجه به شرایط منطقه به صورت اختیاری قابل تنظیم هستند.

۴. نقشه‌ی پهنه بندی پتانسیل خورشیدی استان خراسان رضوی

ابعاد سلول‌های DEM مورد استفاده ۹۰ متر می‌باشد که در وسعت منطقه از دقت قابل قبولی برخوردار است. با توجه به این که مدل از عرض جغرافیایی میانی منطقه برای محاسبه‌ی تابش استفاده می‌کند، در صورتی که منطقه مورد نظر بیش از یک درجه‌ی جغرافیایی گستردگی داشته باشد باید به چند بخش کوچک‌تر تقسیم شود(ESRI, 2012) . برای افزایش دقت محاسبات، نقشه DEM استان خراسان رضوی به ۹ بخش، ۳۳ – ۳۳/۷۵ درجه، ۳۴/۲۵ – ۳۴/۷۵ درجه، ۳۵/۲۵ – ۳۵/۷۵ درجه، ۳۶/۲۵ – ۳۶/۷۵ درجه و ۳۷/۲۵ – ۳۸ درجه، ۳۳/۵–۳۴/۵ درجه، ۳۴/۵–۳۵/۵ درجه، ۳۵/۵–۳۶/۵ درجه، ۳۶/۵–۳۷/۵ تقسیم شده است. با توجه به تفاوت اقلیمی وسیع در منطقه و ناکافی بودن ایستگاه‌های دارای مقادیر تابش، امکان تعیین ضریب گذردهی جو به صورت دقیق وجود نداشته و مقدار پیش فرض مدل (۰/۵) مورد استفاده قرار گرفته است. این ضریب نسبت تابش در سطح افق به تابش در همان سطح اگر در خارج از جو قرار گیرد را نشان می‌دهد. سپس نقشه‌ی تابش خورشیدی هر قسمت با استفاده از ابزار Area Solar Radiation در محیط GIS تهیه شده است. و هنگام کنار هم قرار دادن قطعات و تهیه نقشه کلی، در مناطق دارای همپوشانی از تکنیک میانگین‌گیری مقادیر سلولی استفاده شده است. بازه زمانی محاسبات کل سال ۲۰۱۳ تعریف شده است، در نتیجه برای تولید نقشه تابش متوسط روزانه، مقادیر سلولی بر ۳۶۵ تقسیم شده است. (شکل ۵) نقشه پهنه‌بندی تابش متوسط روزانه خورشیدی استان خراسان رضوی را نشان می‌دهد.

[1] Digital elevation model



شکل (۱) – نقشه پهنه‌بندی تابش متوسط روزانه خورشیدی استان خراسان رضوی

به منظور بررسی میزان دقت نقشه‌ی پهنه بندی تهیه شده، مقادیر سلولی به دست آمده در هر یک از ۸ شهر استان (مشهد، نیشابور، سبزوار، درگز، تربت جام، تربت حیدریه، کاشمر، گناباد) با مقادیر ایستگاه های اندازه گیری در سایت NASA[1]، توسط آماره‌های خطای استاندارد SE[2] ، جذر میانگین مربعات خطا[3] RMSE و میانگین مطلق متوسط خطا[4] *MABE* به ترتیب با استفاده از روابط ۱،۲ و ۳ محاسبه و در (جدول ۱) ارائه شده است.

$$SE=\sqrt{\frac{1}{n-2}\left[\sum(X_{meas}-\overline{X_{meas}})-\frac{[\sum(X_{cal}-\overline{X_{cal}})((X_{meas}-\overline{X_{meas}})]^2}{\sum(X_{cal}-\overline{X_{cal}})}\right]} \quad (۱)$$

$$RMSE=\sqrt{\left[\frac{\sum(X_{cal}-X_{meas})^2}{n}\right]} \quad (۲)$$

$$MABE=\left|\frac{\sum|(X_{cal}-X_{meas})|}{n}\right| \quad (۳)$$

X_{meas} مقادیر اندازه گیری شده NASA و X_{cal} مقادیر محاسبه شده توسط مدل است.

[1] National Aeronautics and Space Administration
[2] standard error
[3] Root Mean Square Error
[4] Mean Absolute Bias Error

جدول (۱) – مقایسه‌ی مقادیر پتانسیل تابش محاسبه شده برای شهر های استان با مقادیر ماهواره ای NASA

نام شهر های استان	موقعیت جغرافیایی برحسب درجه		مقادیر پتانسیل تابش خورشیدی ($kW/m^2/day$)	
	Y	x	NASA	نقشه
تربت جام	۲۳/۳۵	۶۰/۶۳	۴/۷۹	۴/۳۷۳
تربت حیدریه	۳۵/۲۹	۵۹/۲۲	۴/۹۲	۴/۳۵۱
درگز	۳۷/۴۵	۵۹/۱۱	۴/۳۵	۴/۵۲۰
سبزوار	۳۶/۲۱	۵۷/۶۸	۴/۸۶	۴/۲۶۳
گناباد	۴۳/۳۵	۵۸/۶۹	۵/۷	۴/۲۳۳
مشهد	۳۶/۳۰	۵۹/۶۱	۴/۸۳	۴/۳۰۶
نیشابور	۳۶/۲۱	۵۸/۸۰	۴/۸	۴/۲۳۹
کاشمر	۳۵/۲۴	۵۸/۴۶	۴/۹۱	۳/۸۶۳
SR			۰	۰/۰۷۸
RMSE			۰	۰/۱۵۸
MABE			۰	۰/۰۵۲

میزان خطا در مقایسه با مدل‌های ریاضی تعیین تابش خورشیدی که در ایران توسعه یافته اند، بسیار کم و قابل قبول می-باشد.

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به نقشه پتانسیل تابش خورشیدی روزانه استان خراسان رضوی (شکل ۵)، تغییرات تابش خورشیدی دریافتی زمین علاوه بر عرض جغرافیایی وابستگی شدیدی به عوارض توپوگرافی دارد به طوری که دامنه‌های روبه جنوب به مراتب تابش دریافتی بیشتری از دامنه‌های رو به شمال دارند. همچنین به دلیل کاهش مسافت عبور امواج از اتمسفر، تابش دریافتی مناطق مرتفع بیشتر است. این نقشه با ابعاد سلولی ۹۰ متر و با کمترین خطا می‌تواند با دقت بالایی به مدیریت و برنامه ریزی در حیطه‌ی استفاده از انرژی خورشیدی کمک کند.

۶. مراجع

۱. حق پرست کاشانی, آ., صالح ایزدخواست, پ., لاری, ح., مهرآوران, م. و پیش دست, ح. (۱۳۸۶). تدوین یک مدل بهینه جهت محاسبه میزان تابش خورشید در ایران. بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق. تهران.

2. ESRI. (2012, January 13). Calculating%20solar%20radiation. Retrieved from webhelp.esri.com: http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=Calculating%20solar%20radiation

3. Gastli, A., & Charabi, Y. (2010). Solar electricity prospects in Oman using GIS-based solar radiation maps. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 790–797.

4. Hochwimmer, B. (2009). GIS-based modeling of Solar Radiation –Lab Session. Salzburg: Z_GIS - Centre for Geoinformatics.

5. Pescador, T., V´azquez, D. P., Arias, J. A., Batlles, J., Lo´pez, G., & Bosch, J. L. (2006, Appl 13). On the use of the digital elevation model to estimate the solar radiation in areas of complex topography. Meteorol, 279–287.