

تحلیل پتانسیل تابشی خورشید در مناطق خشک و نیمه خشک ایران مرکزی با استفاده از داده‌های دورسنجی

ابوالفضل رنجبر فردوئی^۱

سید حجت موسوی^۲

وحید ویسی^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۳/۱۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۷/۰۴

چکیده

ایران کشوری است با تعداد روزهای آفتابی زیاد که از نظر مقدار دریافت انرژی تابشی خورشید در شمار مناسب‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌شود. به دلیل محدود بودن انرژی‌های فسیلی و صرفه‌جویی برای نسل‌های آتی بایستی به دنبال جایگزینی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی خورشیدی بود. رویکردهای متعددی جهت محاسبه رخدادهای تابشی خورشیدی به دو صورت کامپیوتری و دستی برای هر مکان زمینی مشخص شده‌اند. برخی از روش‌ها جهت تعیین مناطق مستعد تابشی نیاز به داده‌های زمینی مشخص دارند، اما برخی دیگر از روش‌ها بدون نیاز به داده‌های واقعی بازتاب تابشی را برآورد می‌کنند. لذا هدف از این پژوهش تحلیل پتانسیل تابشی خورشید در قسمتی از مناطق مرکزی ایران می‌باشد که با استفاده از تحلیل آمایشی - فضایی شاخص‌های آلبیدو، روشنایی، LST، NDVI، سبزی‌نگی و رطوبت انجام گرفت. بدین منظور از تصاویر سنجنده OLI مورخ ۲۰۱۵/۰۵/۱۷ استفاده شد. در این راستا مقادیر شاخص‌های مزبور از طریق اعمال توابع بر روی تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۵ محاسبه شد. سپس نقشه مربوط به هر شاخص استانداردسازی، و نقشه پتانسیل سنجی از میانگین‌گیری کل شاخص‌ها حاصل شد. در پایان نقشه پتانسیل سنجی نیز بر حسب مقدار تخمینی تابش خورشیدی به پنج کلاس شامل بسیار نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب، بسیار مناسب تقسیم‌بندی گردید. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل تناسب تابشی نشان داد که ۳۰۳۵/۳۷ کیلومترمربع از مساحت منطقه که شامل قسمت‌هایی از بخش مرکزی قم، بخش‌هایی از گرمسار و غرب بخش آران و بیدگل نسبت به سایر مناطق از دما، روشنایی و میزان آلبیدوی بیشتری برخوردارند و به‌عنوان مناسب‌ترین مناطق جهت استقرار نیروگاه‌های خورشیدی و بهره‌برداری از انرژی تابشی پیشنهاد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: توان تابشی، آلبیدو، روشنایی، LST، دورسنجی، ایران مرکزی.

۱-دانشیار گروه مهندسی علوم بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. aranjbar@kashanu.ac.ir

۲-استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. hmousavi15@kashanu.ac.ir

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، گروه مهندسی بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

(نویسنده مسئول) v.vaisi@grad.kashanu.ac.ir

۱- مقدمه

خورشیدی، برآورد و کاربرد آن، در جهان به صورت جدی‌تری صورت گرفت و با توجه به شرایط جغرافیایی و اقلیمی مناطق، مدل‌های مناسبی ارائه گردید (صمیمی، ۱۳۶۴: ۱۷۵). رویکردهای متعددی جهت محاسبه رخدادهای تابشی خورشیدی به دو صورت کامپیوتری و یا دستی برای هر مکان بر روی زمین مشخص شده‌اند. برخی از روش‌ها جهت تعیین منطقه مطالعاتی نیاز به داده‌های زمینی مشخص دارند، اما برخی دیگر از روش‌ها بدون نیاز به داده‌های واقعی بازتاب را برآورد می‌کنند (بروک^۳، ۱۹۸۱: ۱). در رابطه با بررسی پتانسیل تابشی و استفاده از انرژی‌های نو تحقیقات متعددی انجام گرفته است. در مطالعات خارجی نظیر (طغرل و اونات^۴، ۱۹۹۹: ۱۵۱۷) با استفاده از شش پارامتر دمای هوا، تابش خورشیدی، ساعت آفتابی، فشار هوا، میزان ابرناکی و دمای خاک یک مدل رگرسیون خطی چند متغیره برای تخمین تابش در منطقه الازیگ ترکیه ارائه نمودند. (یزومون و مایر^۵، ۲۰۰۲: ۱۶۳۱) مدل‌های کاستن (بر مبنای ابرناکی) و آنگستروم-پرسکات، گارج و سیوکف (بر مبنای ساعات آفتابی) مورد بررسی قرار دادند، که در نهایت مدل آنگستروم-پرسکات و گارج به عنوان بهترین مدل‌های برآورد تابش خورشیدی در این مناطق انتخاب شدند. (سکیکر^۶، ۲۰۰۶: ۲۳۱)، در استان دمشق سوریه با استفاده از هفت پارامتر مختلف هواشناسی و جغرافیایی، ۱۳ مدل یک تا هفت متغیری را برای محاسبه تابش خورشیدی مورد بررسی قرار داد و با وجود قابل قبول بودن همه مدل‌ها، مدل ارائه شده با هفت متغیر را به عنوان بهترین مدل از نظر آماری معرفی نمود. (یانگ^۷ و همکاران^۶، ۲۰۰۶: ۴۳)، نیز مدلی جهانی برای تخمین تابش ساعتی و روزانه در هر ماه ارائه نمودند که علاوه بر در نظر گرفتن ساعات آفتابی، وابسته به استفاده از پارامترهای فشار سطحی هوا، توزیع جهانی ضخامت لایه ازن، بارندگی و توزیع جهانی

اراضی خشک حدود ۴۱ درصد از سطح زمین را پوشانده‌اند و ۳۷ درصد از جمعیت جهان را در خود جای داده‌اند (سافرل و عادل^۱، ۲۰۰۵: ۵). بیش از ۸۵ درصد از وسعت کشور ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک و فراخشک دربرگرفته‌اند (کره‌وانی، ۱۳۷۳) که در این مناطق سهم تابش خورشیدی بسیار زیاد است. انرژی یکی از مهمترین عوامل در پیشرفت و توسعه جوامع بشری و از فاکتورهای ضروری در توسعه اقتصادی، اجتماعی و ارتقای کیفیت زندگی است. انفجار جمعیت و رشد روز افزون تقاضای انرژی، افزایش استانداردهای زندگی، خطر گرم شدن کره زمین ناشی از پدیده گلخانه‌ای، بارش‌های اسیدی، مشکلات زیست محیطی و تهدید سلامت انسان‌ها و در نهایت کمبود منابع انرژی فسیلی از جمله مسائلی است که توجه کشورهای جهان را به استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر جلب می‌نماید. به طوری که در برنامه‌ریزی‌های خود تأمین درصدی از انرژی‌های مورد نیاز کشورشان را از طریق توربین‌های بادی، انرژی‌های خورشیدی، انرژی زمین گرمایی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر منظور می‌نمایند (جعفری و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۴). در کشور ایران سوخت‌های فسیلی منبع اصلی تأمین انرژی به شمار می‌رود. به دلیل محدود بودن این منابع و صرفه‌جویی برای نسل‌های آینده باید به دنبال جایگزینی و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر همچون انرژی خورشیدی بود. انرژی خورشیدی به عنوان یکی از منابع تأمین انرژی پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی، از گذشته‌های دور به روش‌های گوناگون مورد استفاده بشر قرار گرفته است. با عنایت به محدودیت منابع فسیلی و آلودگی‌های ناشی از آنها و همچنین افزایش روز افزون تقاضای انرژی، بکارگیری تمهیداتی جهت بهره‌برداری بهینه از منبع سرشار انرژی خورشیدی در ایران امری ضروری به نظر می‌رسد (سامانی^۲، ۲۰۰۰: ۲۶۵).

در دهه ۱۹۷۰ مطالعات وسیعی درباره میزان تابش

^۳ Brock

^۴ Togrul and Onat

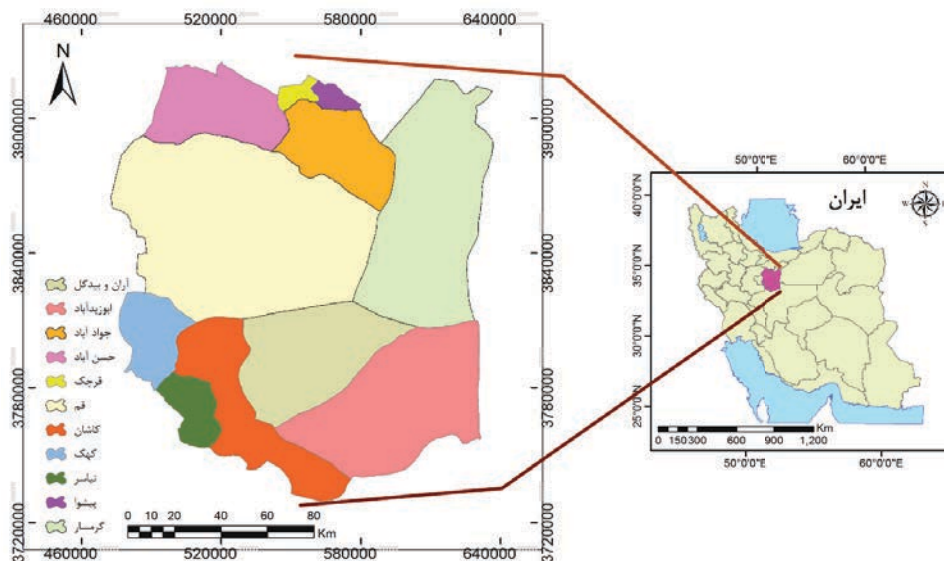
^۵ Iziomon and Mayer

^۶ Skeiker

^۷ Yang

^۱ Safriel and Adeel

^۲ Samani



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی
محدوده مطالعاتی

ایران از استعداد و قابلیت بالایی برای استفاده از انرژی خورشیدی برخوردارند. (یوسفی و همکاران، ۱۳۹۳) پژوهشی را با هدف بررسی پتانسیل بابی مکانی استان سمنان به لحاظ توان محیطی و اقلیمی جهت یافتن منطقه یا مناطق مستعد و دارای پتانسیل بالقوه برای احداث نیروگاه خورشیدی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام دادند و بیان داشتند که اکثر مناطق جنوبی استان از جمله شهرهای گرمسار، بیارجمند، جنوب سمنان و جنوب دامغان به عنوان مناطق مناسب جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی می‌باشد. با توجه به اینکه اکثر کارهای صورت گرفته در زمینه برآورد انرژی تابشی با استفاده از داده‌های تاریخی هواشناسی یا اقلیمی نظیر دما، ابرناکی، میزان تابش و ... صورت گرفته و عموماً از داده‌های دورسنجی و تصاویر ماهواره‌ای بهره‌گیری نشده است، بدین جهت هدف از این پژوهش بررسی پتانسیل تابشی در قسمتی از مناطق ایران مرکزی با استفاده از داده‌های دورسنجی و شاخص‌های آلبیدو^۲، روشنایی^۳، سبزیگی^۴، پوشش گیاهی^۵، رطوبت^۶ و دمای سطح زمین^۷ است.

ضریب تیرگی آنگستروم می‌باشد. (سبزی‌پرور و شتایی، ۲۰۰۷: ۶۴۹) برای تخمین تابش در نواحی خشک و نیمه‌خشک غرب و شرق ایران از شش مدل پالتریج، صباغ، دانشیار، پالتریج اصلاح شده، صباغ اصلاح شده و دانشیار اصلاح شده استفاده نمودند. (صمیمی، ۱۳۷۳: ۱۸) با برآورد انرژی تابش خورشیدی بر اساس ارتفاع، بر اهمیت آن به عنوان یک انرژی پاک، در دسترس و عاری از هرگونه آلودگی‌های مخرب زیست محیطی اشاره کرد. (صفایی و همکاران، ۱۳۸۴: ۱۸) با استفاده از اطلاعات ۹ ایستگاه تشعشع‌سنجی و مدل هیبرید، به پتانسیل سنجی تابشی خورشیدی در ایران و تهیه اطلس تابشی آن پرداختند و ۱۲ نقشه میانگین روزانه تابش خورشیدی کل در هر ماه، ۴ نقشه مجموع انرژی تابشی کل به واحد سطح افقی برای هر فصل و یک نقشه مجموع انرژی تابشی دریافتی تهیه نمودند. (موسوی باگی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۳۶) با بررسی هفت مدل برآورد تابش خورشیدی، مدل آنگستروم-پرسکات پیشنهادی توسط فائو را به عنوان مناسب‌ترین مدل تابش‌سنجی انرژی خورشید در اقلیم نیمه‌خشک معرفی نمودند. (موسوی باگی و اشرف، ۱۳۹۰: ۶۶۵)

جهت شناسایی نواحی پرتابش ایران به عنوان مناسب‌ترین مناطق بهره‌برداری از انرژی خورشیدی با استفاده از آمار ابرناکی در دوره ۲۰ ساله، بیان کردند که اغلب مناطق

^۲ Albedo

^۳ Brightness Index

^۴ Greenness Index

^۵ Normalized Difference Vegetation Index

^۶ Wetness Index

^۷ Land Surface Temperature

^۱ Sabziparvari and Shetaee

جدول ۱: معادله شاخص‌های استفاده شده به همراه منابع

منبع	معادله	نماد	شاخص
Liang et al., 2000	$0.356*OLI\ 2 + 0.130*OLI\ 4 + 0.373*OLI\ 5 + 0.085*OLI\ 6 + 0.072*OLI\ 7 - 0.0018$	A	آلبیدو
Crist et al, 1986	$0.3037*OLI\ 2 + 0.2793*OLI\ 3 + 0.4743*OLI\ 4 + 0.5585*OLI\ 5 + 0.5082*OLI\ 6 + 0.1863*OLI\ 7$	BI	شاخص روشنایی
Khan et al., 2005	$(OLI\ 5 - OLI\ 4)/(OLI\ 5 + OLI\ 4)$	NDVI	شاخص پوشش گیاهی
Crist et al, 1986	$-0.2848*OLI\ 2 - 0.2435*OLI\ 3 - 0.5436*OLI\ 4 + 0.7243*OLI\ 5 + 0.0840*OLI\ 6 - 0.1800*OLI\ 7$	GI	شاخص سبزیگی
Huang et al, 2002	$0.2626*OLI\ 2 + 0.2141*OLI\ 3 + 0.0926*OLI\ 4 + 0.539*OLI\ 7 - 0.0656*OLI\ 5 - 0.763*OLI\ 6 -$	WI	شاخص رطوبت

۲- منطقه مورد مطالعه

آبی، OLI3: باند سبز، OLI4: باند قرمز، OLI5: باند مادون قرمز نزدیک، OLI6: باند مادون قرمز طول موج کوتاه ۱، OLI7: باند مادون قرمز طول موج کوتاه ۲ هستند. برای محاسبه شاخص دمای سطح زمین (LST) ابتدا باید باندهای حرارتی ۱۰ و ۱۱ لندست ۸ را با استفاده از رابطه ۱ به رادیانس، و سپس با استفاده از رابطه (۲) به دمای روشنایی، در نهایت با استفاده از رابطه (۳) به درجه حرارت روشنایی ماهواره تبدیل نمود.

منطقه مورد مطالعه بخشی از مناطق ایران مرکزی بوده که در محدوده جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۱ دقیقه و ۵۰ ثانیه الی ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۱ دقیقه ۴۰ ثانیه الی ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه و ۲۷ ثانیه طول شرقی گسترده شده است. این منطقه شامل مرز بخش‌های پیشوا، جواد آباد، حسن آباد، قرچک از استان تهران، قم، کهک از استان قم، آران و بیدگل، کاشان، نیاسر، ابوزیدآباد از استان اصفهان و گرمسار از استان سمنان می‌باشد (نگاره ۱).

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L \quad \text{رابطه ۱}$$

که در اینجا: L_{λ} رادیانس طیفی بالای اتمسفر، M_L : باند خاص عامل تغییر مقیاس ضربی در فایل متادیتا و A_L : باند خاص فاکتور تغییر مقیاس از متادیتا و Q_{cal} : ارزش تدریجی و کالیبره پیکسل محصول استاندارد (DN) می‌باشد.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۲}$$

که در اینجا T: دمای روشنایی (کلوین)، K_1 و K_2 : ضرایب کالیبراسیون (جدول ۲) و L_{λ} : رادیانس طیفی بالای اتمسفر می‌باشد.

جدول ۲: ضرایب کالیبراسیون باند ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست ۸

ضرایب کالیبراسیون	باند ۱۰	باند ۱۱
K_1	۷۷۴/۸۸۵۳	۴۸۰/۸۸۸۳
K_2	۱۳۳۱/۰۷۸۹	۱۲۰۱/۱۴۴۲

^۱ Digital Numbers

$$LST = BT / 1 + w * (BT / p) * \ln(e) \quad \text{رابطه ۳}$$

۳- مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و روش شناسی آن تلفیقی از تجزیه و تحلیل‌های دورسنجی و زمین آماری است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ مربوط به تاریخ تصویربرداری ۲۰۱۵/۰۵/۱۷ با مسیر ۱۶۴ و ردیف ۳۶ می‌باشد. به منظور بررسی پتانسیل تابشی از شاخص آلبیدو، شاخص روشنایی، شاخص NDVI، شاخص سبزیگی، شاخص رطوبت و شاخص دمای سطح زمین استفاده شد. برای محاسبه هر کدام از شاخص‌های مذکور، با استفاده از معادله و اعمال توابع هر کدام از شاخص‌ها بر روی تصویر لندست ۸ در نرم‌افزارهای ENVI 5.3 و GIS 10.3 استفاده شد (جدول ۱). هر کدام از این شاخص‌ها از طریق اعمال توابع جدول (۱) بر روی باندهای تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ در نرم‌افزار ENVI 5.3 محاسبه گردید. که در اینجا OLI 2: باند

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (ص ۴۵)
تحلیل پتانسیل تابشی خورشید در مناطق خشک ... / ۴۵

جنوب کهک، غرب نیاسر، جنوب شرقی کاشان دیده می- شود. در شاخص سبزینگی کمترین مقدار (۴۳۸۸۷/۶-) در بخش‌های شمال گرمسار شمال حسن‌آباد، جنوب و جنوب غربی قم، جنوب جوادآباد، جنوب غربی و مرکز کاشان، غرب و جنوب غربی آران و بیدگل و بیشترین مقدار (۳۳۸۵/۸۱-) در بخش‌های جنوب گرمسار، نیاسر، کهک، شمال غربی کاشان، مرکز و جنوب شرقی ابوزیدآباد مشاهده می‌شود. در شاخص رطوبت کمترین مقدار (۵۹۹۵۲/۱-) و بیشترین مقدار (۱۱۰۰/۵۶) در شمال غربی قم، جنوب گرمسار، جنوب غربی ابوزیدآباد، نیاسر، کهک، شمال غربی کاشان و در شاخص LST کمترین مقدار (۱۹/۱۳۸۵) در بخش‌های قرچک، جوادآباد، جنوب گرمسار، جنوب غربی ابوزیدآباد، نیاسر، کهک، شمال و شمال غربی کاشان و بیشترین مقدار (۵۷/۵۷۰۵) در بخش‌های مرکز گرمسار، مرکزی قم، غرب آران و بیدگل، شرق و شمال شرقی ابوزیدآباد مشاهده گردید.

در نگاره ۳ نقشه تحلیل تناسب اراضی حاصل از میانگین شاخص‌های آلبیدو، روشنایی، NDVI، سبزینگی، رطوبت و LST نشان داده شده است. مقادیر نقشه تحلیل تناسب از ۰/۱۳۸۸۲ تا ۰/۷۴۱۸۶۷ می‌باشد، که هر چه به مقدار ۰/۱۳۸۸۲ نزدیکتر باشد مناطق با تابش کمتر را و هر چه به ۰/۷۴۱۸۶۷ نزدیکتر باشد مناطق با تابش بیشتر را نشان می‌دهد. در نقشه تحلیل تناسب مناطق بر حسب پتانسیل تابش خورشیدی به ۵ کلاس بسیار نامناسب، نامناسب، متوسط، مناسب، بسیار مناسب تقسیم‌بندی شد (نگاره ۳ و جدول ۳).

جدول ۳: جدول مساحت پهنه‌های تحلیل تناسب مکانی

تابش خورشیدی به کیلومتر مربع و درصد		
نوع تحلیل مکانی	مساحت به کیلومتر مربع	مساحت به درصد
بسیار مناسب	۳۰۳۵/۳۶۹۷	۱۲/۵۰
مناسب	۶۹۶۷/۰۱۰۷	۲۸/۶۸
متوسط	۶۳۲۳/۹۴۱۸	۲۶/۰۴
نامناسب	۵۹۰۰/۰۵۵۳	۲۴/۳۰
بسیار نامناسب	۲۰۶/۰/۱۶۶۸	۸/۴۸

که در اینجا؛ LST: دمای سطح زمین، BT: دمای روشنایی ماهواره، w: طول موج تخمینی رادیانس، p: یک مقدار ثابت است که برابر ۱۴۳۸۰ بوده و e از رابطه‌های (۴) و (۵) به دست می‌آید.

$$\text{رابطه ۴} \quad P_v = (NDVI - NDVI_{min} / NDVI_{max} - NDVI_{min})^2$$

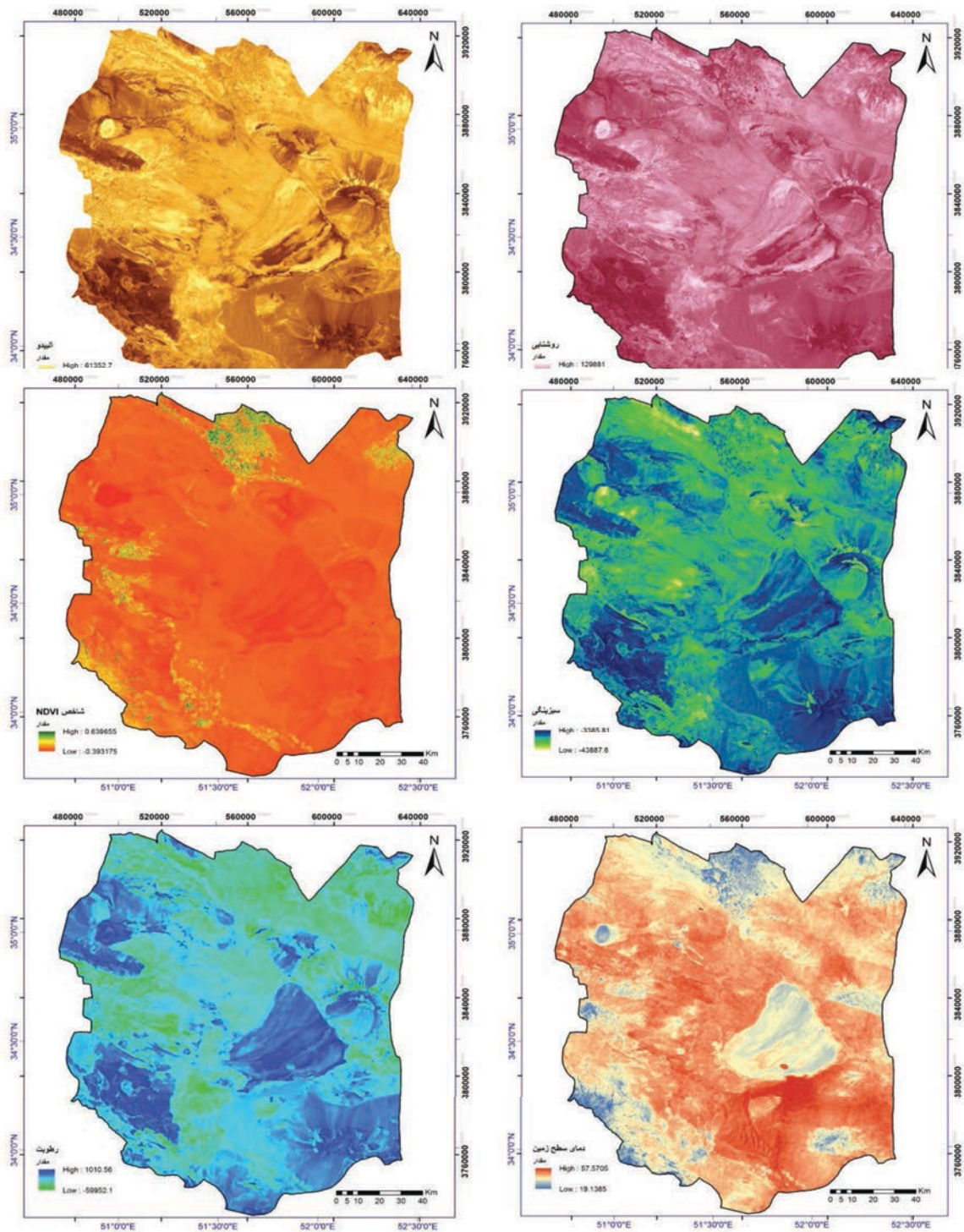
$$\text{رابطه ۵} \quad e = 0.004 * P_v + 0.986$$

که در این رابطه؛ PV: گسیلمندی سطح زمین، NDVI: شاخص پوشش گیاهی، NDVI_{max} و NDVI_{min} به ترتیب مقدار حداکثر و مقدار حداقل شاخص NDVI می‌باشند.

۴- یافته‌ها و نتایج

نقشه‌های حاصل از شاخص‌های آلبیدو، شاخص روشنایی، شاخص NDVI، شاخص سبزینگی، شاخص رطوبت و شاخص دمای سطح زمین در نگاره (۲) گزارش شده است. در این نگاره تغییر هر کدام از شاخص‌ها به صورت کم تا زیاد نشان داده شده است. در شاخص آلبیدو کمترین مقدار (۶۶۶۸/۸۷) در شمال غربی قم، جنوب گرمسار، جنوب غربی ابوزیدآباد، نیاسر، کهک، شمال غربی کاشان و بیشترین مقدار (۶۱۳۵۲/۷) در بخش‌های شمال گرمسار، جنوب و جنوب شرقی قم و غرب آران و بیدگل مشاهده می‌شود.

در شاخص روشنایی کمترین مقدار (۱۵۴۴۱/۹) در شمال غربی قم، جنوب گرمسار، جنوب غربی ابوزیدآباد، نیاسر، کهک، شمال غربی کاشان، غرب پیشوا، قرچک و بیشترین مقدار (۱۲۹۸۸۱) در بخش‌های شمال گرمسار، مرکز و جنوب و جنوب غربی قم و غرب آران و بیدگل وجود دارد. در شاخص NDVI کمترین میزان پوشش گیاهی (۰/۳۹۳۱۷۵-) در بخش‌های مرکز و شمال غربی قم، جنوب گرمسار، مرکز ابوزیدآباد، شمال آران و بیدگل، شمال شرقی کاشان و بیشترین مقدار پوشش گیاهی (۰/۶۳۹۶۵۵) در شمال شرقی گرمسار، قرچک، پیشوا، شمال غربی جوادآباد،



نگاره ۲: نقشه‌های شاخص‌های دورسنجی؛ ستون راست به ترتیب: شاخص روشنایی، شاخص سبزیگی و شاخص LST. ستون چپ به ترتیب: شاخص آلبیدو، شاخص NDVI، شاخص رطوبت.

مناسب از نظر پتانسیل تابشی را با استفاده از محاسبه کمی و کیفی شاخص‌های مناسب نظیر آلبدو، دما و روشنایی از طریق داده‌های دورسنجی سنجید و روابط بین هر کدام از این شاخص‌ها را به دست آورد. در نهایت بهترین مناطق را برای کسب انرژی خورشیدی و احداث نیروگاه‌های خورشیدی شناسایی نمود. پیشنهاد می‌شود که شاخص‌های دورسنجی با مدل‌های تابشی تلفیق گردد تا اطلاعات دقیق‌تری را در زمان کوتاه‌تر و با هزینه کمتر کسب نمود.

۶- منابع و مآخذ

۱- جعفری، ح.ر.، عزیزی، ع.، نصیری، ح.، عابدی، س.، ۱۳۹۲. تحلیل تناسب اراضی جهت استقرار نیروگاه‌های بادی در استان اردبیل با استفاده از مدل SAW و AHP در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۵(۲): ۲۴-۴۱.

۲- صفایی، ب.، خلجی اسدی، م.، تقی‌زاده، ح.، جیلاوی، ا.، طالقانی، گ.، دانش، م.، ۱۳۸۴. برآورد پتانسیل تابش خورشیدی در ایران و تهیه اطلس تابشی آن. مجله علوم و فنون هسته‌ای. ۳۳: ۳۴-۲۷.

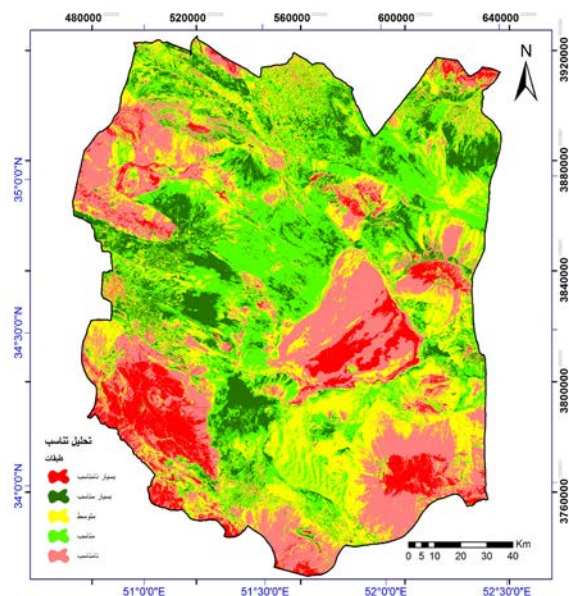
۳- صمیمی، ج.، ۱۳۶۴. انرژی خورشیدی برای ایران، مجله فیزیک، ۲: ۸۵-۷۴.

۴- صمیمی، ج.، ۱۳۷۳. برآورد تابش خورشیدی بر اساس ارتفاع و کاربرد آن در اقلیم خورشیدی ایران. مجله فیزیک، ۱۲: ۲۶-۱۸.

۵- کردوانی، پ.، ۱۳۷۳. مناطق خشک، ویژگی‌های اقلیمی، علل خشکی و چگونگی پیدایش. جلد اول، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ سوم باتجدیدنظر.

۶- موسوی بایگی، م.، اشرف، ب.، ۱۳۹۰. شناسایی مناطق با کمترین میزان ابرناکی به منظور پهنه‌بندی نواحی پرتابش کشور. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۳): ۶۶۵-۶۷۵.

۷- موسوی بایگی، م.، اشرف، ب.، میان‌آبادی، آ.، ۱۳۸۹. بررسی مدل‌های مختلف برآورد تابش خورشیدی به منظور



نگاره ۳: نقشه تحلیل تناسب مکانی تابش خورشیدی

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به اینکه دما و تابش سطحی دو عامل مهم برای بررسی تابش خورشیدی هستند به همین جهت این دو عامل به عنوان عوامل اصلی برای بررسی تابش در نظر گرفته شد. براساس این دو عامل بهترین مناطق دارای پتانسیل تابشی که دارای بیشترین مقدار آلبدو و بیشترین دمای سطحی می‌باشند دو بخش آران و بیدگل و ابوزیدآباد آباد هستند. بیشترین آلبدو با مقدار ۶۱۳۵۲/۷ در شرق منطقه آران و بیدگل مشاهده گردید و همچنین شاخص روشنایی نیز با مقدار ۱۲۹۸۸۱ در این منطقه حداکثر میزان خود را داشت. در نقشه تحلیل تناسب مکانی تابش خورشیدی غرب منطقه آران و بیدگل منطقه بسیار مناسب بوده و دارای بیشترین میزان تابش می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل می‌توان دریافت که در هر کجا میزان شاخص آلبدو و شاخص روشنایی بالاتر باشد میزان پوشش گیاهی و سبزی‌نگی کاهش می‌یابد و مناطق دارای پوشش گیاهی دمای کمتری نسبت به سایر مناطق دارند. در نتیجه شاخص آلبدو با شاخص روشنایی رابطه مستقیم و با شاخص سبزی‌نگی و شاخص NDVI رابطه عکس دارد. بنابراین در نواحی مرکزی ایران می‌توان مناطق

19- Togrul I.T., Onat, E., 1999. A study for estimating solar radiation in Elazig using geographical and meteorological data. *Energy Conversion and Management*, (40): 1577-1584.

20- Yang, K., Koike, T., Ye, B., 2006. Improving estimation of hourly, daily, and monthly solar radiation by importing global data sets. *Agricultural and Forest Meteorology*, (137): 43-55.

معرفی مناسب‌ترین مدل در یک اقلیم نیمه‌خشک، مجله آب و خاک، ۴: ۸۴۴-۸۳۶.

۸- یوسفی، ر.، ملکی، ح. ر.، علاالدین، ف.، ۱۳۹۳. پتانسیل‌یابی مکانی نیروگاه خورشیدی براساس توان‌های محیطی و اقلیمی مناطق خشک و نیمه‌خشک با استفاده از روش TOPSIS در محیط GIS (مطالعه موردی استان سمنان). اولین همایش ملی رویکردهای نوین آمایش سرزمین در ایران.

9- Brock, T. D. (1981). Calculating solar radiation for ecological studies. *Ecological modelling*, 14(1-2), 1-19.

10- Crist, E.P., Kauth, R.J., 1986. The tasseled cap demystified, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 52(1): 81-86.

11- Huang, C., Wylie, B., Yang, L., Homer, C., Zylstra, G., 2002. Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, (23): 1741-1748.

12- Iziomon M.G., Mayer, H., 2002. Assessment of some global solar radiation parameterizations. *J. Atmospheric Solar-terrestrial Physics*, (64): 1631-1643.

13- Khan, M.N., Rastoskuev, V.V., Sato, Y., Shiozawa, S., 2005. Assessment of sing indicators. *Agric. Water Manage.*, (77): 96-109.

14- Liang, S., 2000. Narrowband to Broadband conversions of land surface albedo I algorithms. *Remote Sensing of Environment*, (76): 213-238.

15- Sabziparvar A.A., Shetaee, H., 2007. Estimation of global solar radiation in arid and semi-arid climates of East and West Iran. *Energy*, (32): 649-655.

16- Safriel, U. and Z. Adeel. 2005. *Dryland systems. Ecosystems and human well-being: Current state and trends*. Island Press., Washington DC. pp. 984.

17- Samani, Z., 2000. Estimation solar radiation and evapotranspiration using minimum Climatological Data. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 126(4): 265-267.

18- Skeiker, K., 2006. Correlation of global solar radiation with common geographical and meteorological parameters for Damascus province, Syria. *Energy Conversion and Management, Mgmt.*, (47): 331-345.