

بررسی ارتباط بین جریان تابش خالص با خصوصیات محیطی و پوشش سطح با استفاده از تصویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: جنوب استان کرمان)

سید کریم افشاری پور^۱، سعید حمزه^{۲*} و سامان نادی زاده شورابه^۳

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS؛ دانشکده جغرافیا؛ دانشگاه تهران؛ تهران؛ ایران

۲*) استادیار گروه سنجش از دور و GIS؛ دانشکده جغرافیا؛ دانشگاه تهران؛ تهران؛ ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: saeid.hamzeh@ut.ac.ir

۳) دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS؛ دانشکده جغرافیا؛ دانشگاه تهران؛ تهران؛ ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۰/۰۳

چکیده

میزان جریان تابش خالص سطح زمین مستقیماً به دمای سطح، کاربری اراضی، خاک و توپوگرافی بستگی دارد. در پژوهش حاضر به منظور برآورد تابش خالص خورشید از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شده است. با استفاده از نمونه‌برداری سیستماتیک به فواصل ۵۰۰ متر ارزش لایه دمای سطح زمین، NDVI، ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت جغرافیایی و کاربری ارضی در نقاط نمونه برای انجام تحلیل، استخراج شد. برای استخراج دمای سطح از الگوریتم Mono-Window استفاده شده است. نتایج نشان داد که رابطه مستقیمی بین افزایش ارتفاع و NDVI با میزان تابش خالص وجود دارد، که ضرایب همبستگی خطی نیز به ترتیب ۰/۶۸ و ۰/۱۹ به دست آمد. همچنین رابطه معکوسی با ضریب همبستگی خطی ۰/۷۴ بین جریان تابش خالص و دمای سطح زمین وجود دارد. از بررسی میزان جریان تابش خالص در جهت‌های مختلف جغرافیایی مشخص شد که در محدوده مورد مطالعه جهت شمال غربی با 637 w/m^2 بیش‌ترین جریان تابش خالص و جهت شرقی با 582 w/m^2 کم‌ترین میزان جریان تابش خالص را دارد که جریان تابش خالص در این جهت‌ها با میزان شیب رابطه مستقیمی با ضریب همبستگی ۰/۵۴ دارد. به علاوه میزان جریان تابش خالص در سطوح آبی مثل دریاچه و مخزن سد با 817 w/m^2 بیش‌ترین مقدار جریان تابش خالص و اراضی شور با 509 w/m^2 کم‌ترین جریان تابش خالص را دارند. بیش‌ترین و کم‌ترین میزان جریان تابش خالص به ترتیب در خاک‌های اینسپتی سل و بدلند وجود دارد.

کلید واژه‌ها: جریان تابش خالص؛ کاربری اراضی؛ دمای سطح زمین؛ خاک و توپوگرافی؛ لندست ۸

مقدمه

(کریمی فیروزجایی و کیاورز مقدم، ۱۳۹۵). سطح زمین دو نوع تابش موج کوتاه (مربوط به خورشید) و موج بلند (مربوط به اتمسفر) را دریافت می‌کند که هر دو پارامتر نقش اساسی در کنترل شرایط محیط و اکوسیستم داشته و در بسیاری از مطالعات هیدرولوژیکی، اقلیم‌شناسی و کشاورزی به عنوان فرودی‌های اصلی به شمار می‌آیند.

با توجه به وجود ناهمگنی زیاد در خصوصیات سطح زمین از جمله تنوع در نوع پوشش سطح، شرایط توپوگرافی متنوع و قرارگیری در موقعیت‌های جغرافیایی مختلف، بررسی ارتباط دما و جریان تابش خالص سطح با خصوصیات ذکر شده از اهمیت بالایی برخوردار است

ماهواره‌ای لندست کاربری زمین و در نظر گرفتن برخی از عوامل موثر در توزیع جریان تابش خالص انجام شده است. از جمله پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می‌توان بررسی‌های رافائل گارسیا (2015) در شهرستان خشک بیابانی شمال‌غربی مکزیک را نام برد در این پژوهش تاثیر سطوح مختلف در موازنه انرژی جریان تابش خالص در چند روز بررسی شد، این سطوح شامل آسفالت، بتون، پلی استرین رنگ شده با الاستومری سفید، رس، گراس (گیاهان گندمی) بوده‌اند. جریان تابش خالص برای یک دوره ۲۴ ساعته اندازه‌گیری شد که بیش‌ترین مقدار آن مربوط به آسفالت (146.1 Wm^{-2}) و کم‌ترین مقدار آن برای پلی‌استرین رنگ شده (33.6 Wm^{-2}) بدست آمد (Cueto et al., 2015). برآورد جریان تابش خالص خورشیدی در دامنه‌های جنوبی هیمالایای مرکزی با داده‌های ماهواره‌ای مادیس توسط آماتیا پوکارمن^۱ (2015) انجام شد که امکان بدست آوردن اجزای معادله بیلان انرژی از داده‌های ماهواره‌ای مادیس را بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد که استفاده از این روش برای بدست آوردن تابش خالص قابل قبول است (Amatya et al., 2015). از دیگر پژوهش‌های انجام شده در این زمینه می‌توان توسعه یک مدل برآورد جریان تابش خالص توسط بو جیانگ^۲ (2015) از تابش کوتاه و اطلاعات فرعی (Jiang et al., 2015) و اندازه‌گیری و شبیه سازی تغییرات جریان تابش خالص در سطوح همگن اکوسیستم سرو کوهی_درمنه توسط آنتونی پتر^۳ را نام برد (Anthoni et al., 2000). یکی از مدل‌های بیلان انرژی که دارای اعتبار و اهمیت جهانی بوده و مورد قبول محققان در حوزه سنجش از دور است، روش سبال می‌باشد.

این مدل معادله بیلان انرژی را برای سطح زمین حل میکند؛ که انرژی مصرف شده برای تبخیر و تعرق از جریان تابش خالص، شار گرمایی خاک و شار گرمایی

جریان تابش خالص به معنی تفاوت بین تمام شار تابش ورودی و خروجی، که عامل اصلی انرژی سطح زمین است (Rosenberg et al., 1983; Blad et al., 1998). جریان تابش خالص محرک اصلی آب و هوا در لایه‌های پایین اتمسفر می‌باشد که این تاثیرات بستگی به ساختار و ترکیب اتمسفر و ابرناکی آسمان و مشخصات سطح مانند، آلبدو، توان تشعشعی، دما، رطوبت و خصوصیات حرارتی خاک سطحی دارد (Kessler and Jaeger., 1999). همچنین نیروی محرکه برای بسیاری از فرآیندهای فیزیکی و دینامیکی و شیمیایی مانند گرم شدن خاک و هوا، فتوسنتز و تبخیر و تعرق می‌باشد و اهمیت زیادی بر کیفیت عملکرد محصول و مدیریت و برنامه ریزی منابع آب دارد (Ayoola et al., 2014; Bennie et al., 2008; Geraldo-Ferreira et al., 2011; Ji et al., 2009). حرارت به عنوان یکی از عوامل اقلیمی در تکامل خاک دخالت داشته و سرعت واکنش‌ها را کنترل می‌کند. براساس قانون وانتهوف با هر 10°C افزایش دما، سرعت فعل و انفعالات شیمیایی ۲ الی ۳ برابر می‌شود. تشعشعات خورشید، حرارت خاک را تأمین کرده و سرعت فرآیند خاک‌سازی هنگامی بیشتر می‌شود که تشعشعات دریافتی، به حداکثر برسند. در واقع حرارت نقش مضاعفی در تشکیل خاک دارد (علوی‌پناه، ۱۳۸۶). فاکتور مهم و مؤثر در ایجاد هر اکوسیستمی طبیعت خاک‌های آن است. خاک برای بیشتر گونه‌های که بر روی سیاره زمین رشد می‌کنند، حیاتی است. یکی از راه‌های بدست آوردن جریان تابش خالص ترکیب مدل‌های انتقال تابش اتمسفر یا اندازه‌گیری‌های زمینی با داده‌های سنجش از دور است (Wang et al., 2005). داده‌های ماهواره‌ای سنجش از دور مانند Landsat (Goodin., 1995)، GOSE (Jacobs et al., 2002)، AVHRR (Hurtado and Sobrino., 2001)، MODIS (Cai et al., 2007) در برآورد جریان تابش خالص با موفقیت استفاده شده‌اند. مطالعات متعددی در رابطه با جریان تابش خالص بدست آمده از داده‌های

¹ Pukar Man Amatya

² Bo Jiang

³ Peter M. Anthoni

دریا است این محدوده دارای پستی و بلندی‌های زیاد و انواع مختلف پوشش گیاهی و خاک‌های متفاوت می‌باشد، و همچنین دارای شرایط آب و هوایی گرم و خشک بیابانی و سرد کوهستانی که خود باعث به وجود آمدن چشم اندازهای مختلف طبیعی در این محدوده شده است.

داده‌ها

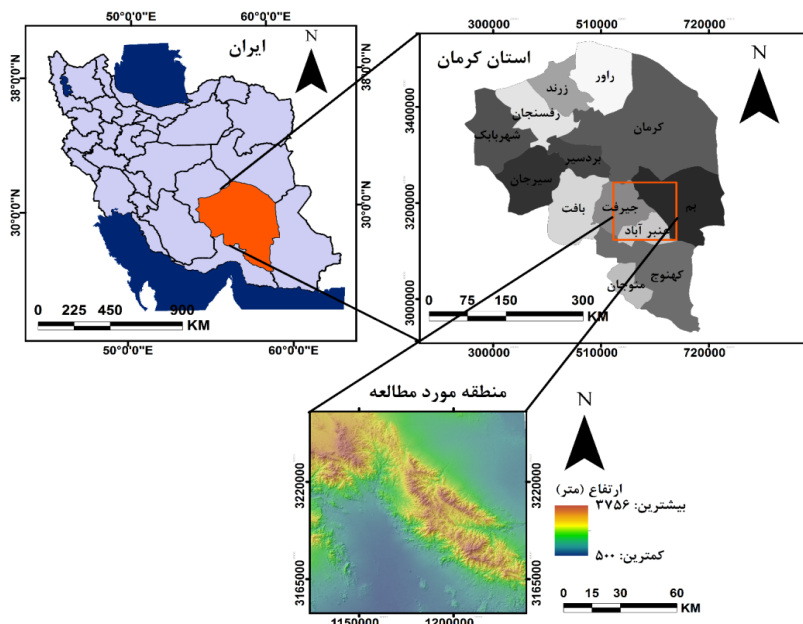
در این پژوهش از تصویر ماهواره‌ای لندست ۸، مدل رقومی ارتفاعی^۴ سنجنده SRTM (شکل ۲ الف) و محصول MOD07 سنجنده MODIS استفاده شده است. این لایه‌های اطلاعاتی زمین مرجع شده و در سیستم تصویر UTM در ناحیه ۴۰N قرار دارند. این اطلاعات در سایت زمین شناسی آمریکا^۵ و سایت ناسا^۶ به رایگان در دسترس می‌باشد. همچنین نقشه‌های کاربری اراضی (شکل ۲ ب) تولید شده توسط سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کل کشور، تهیه و در مطالعه استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در پژوهش در جدول (۱) آورده شده است.

محسوس به دست می‌آید در این پژوهش از جزء جریان تابش خالص این مدل استفاده شده است. هدف از انجام این پژوهش بررسی پراکندگی جریان تابش خالص خورشیدی در کاربری‌های و خاک‌های مختلف و تاثیر عوامل جانبی در توزیع آن است. تفاوت این پژوهش با پژوهش‌های پیشین نه تنها بدست آوردن جریان تابش خالص خورشیدی با تصاویر ماهواره‌ای بلکه تحلیل‌های آماری و پراکندگی و توزیع جریان تابش خالص در خاک‌ها و سطوح مختلف است. لذا در این پژوهش سعی بر آن شده که تا حد ممکن روابط بین عوامل موثر بر جریان تابش خالص بررسی شود.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از نیمه جنوبی استان کرمان بین طول‌های "۰۶'۰۱" ۵۷ و "۰۰'۰۰" ۵۸ شرقی و عرض‌های "۰۰'۰۰" ۲۸ و "۰۰'۰۰" ۲۹ شمالی (شکل ۱) و با مساحتی ۱۶۲۲۹،۰۱۰۹۵۶ کیلومتر مربع که کم‌ترین ارتفاع آن ۵۲۰ متر و بیش‌ترین ارتفاع ۳۵۳۱ متر از سطح

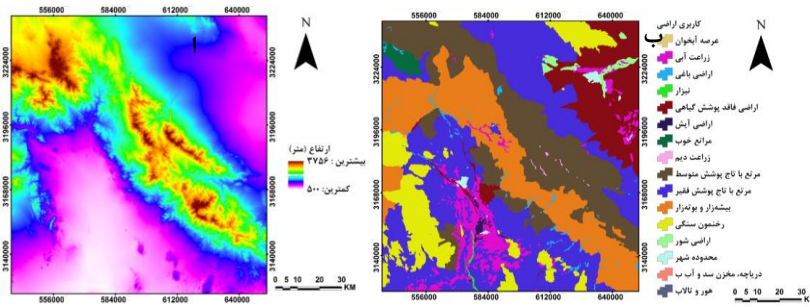


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

⁴ Digital Elevation Model

⁵ <http://www.usgs.gov>

⁶ <https://ladsweb.nascom.nasa.gov>



شکل ۲. (الف) مدل رقومی ارتفاع ، (ب) نقشه کاربری اراضی

جدول ۱. داده‌های مورد استفاده در پژوهش

نوع داده	ماهواره (سنجنده)	قدرت تفکیک/مقیاس	تاریخ (شمسی)
تصویر ماهواره‌ای	لندست ۸	۳۰ متر	۱۳۹۲/۳/۱۹
مدل رقومی ارتفاع	SRTM	۳۰ متر	---
بخار آب	Modis	۲۵۰ متر	۱۳۹۲/۳/۱۹

تصاویر ماهواره‌ای الزامی است. برای رسیدن به این هدف، باید اثر اتمسفر، هندسه دید سنجنده، روشنایی خورشید و اثر توپوگرافی برای باندهای اپتیک در نظر گرفته شود. برای این منظور از نرم‌افزار تصحیح اتمسفری ATCOR3 استفاده شده است. این نرم‌افزار از پایگاه داده مدل‌های انتقال تابش MODTRAN 5 استفاده می‌کند

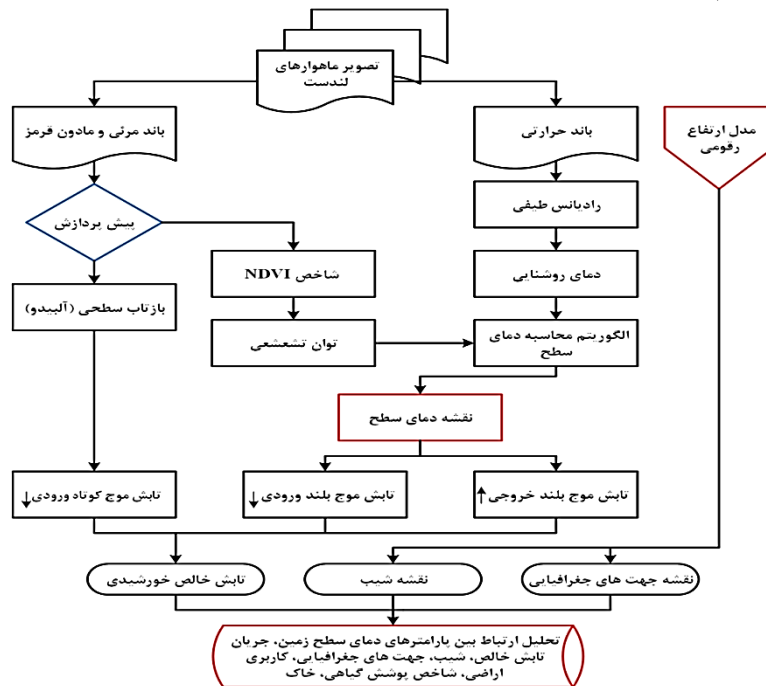
روش تحقیق

مراحل کلی پژوهش در شکل (۳) نشان داده شده

است.

پیش‌پردازش

قبل از محاسبه و استخراج پارامترهای فیزیکی سطح نظیر دما، گسیلمندی، رادیانس انعکاسی - حرارتی سطح، آلبیدو سطح و نظایر آن، انجام تصحیحات رادیومتریکی



شکل ۳- فلوچارت مراحل اصلی تحقیق

مقدار آن در لندست ۸ برای باند ۱۰، ۱۴۴۲/۰۷۸۹ می‌باشد.

محاسبه توان تشعشعی سطحی

شاخص کسر پوشش گیاهی (Pv) با استفاده از شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) محاسبه می‌شود، برای محاسبه NDVI از باندهای ۴ و ۵ لندست ۸ مطابق رابطه (۳) استفاده شده است (Tucker, 1979).

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (3)$$

ρ_{red} و ρ_{nir} به ترتیب بازتاب طیفی در باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز می‌باشد. این شاخص مقادیری بین -۱ و +۱ دارد.

محاسبه شاخص کسر پوشش گیاهی (Sobrino *et al.*, 2008) (رابطه ۴).

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_S}{NDVI_V - NDVI_S} \right)^2 \quad (4)$$

با به دست آوردن FVC، توان تشعشعی با استفاده از رابطه (۵) محاسبه می‌شود (Rose *et al.*, 2009):

$$\begin{aligned} \varepsilon &= a + b\rho_{red} & FVC &= 0 \\ \varepsilon &= \varepsilon_S(1 - FVC) + \varepsilon_V FVC & (0 < FVC < 1) \\ \varepsilon &= a + b\rho_{red} & FVC &= 1 \\ \varepsilon &= 0.99 & FVC &= 1 \end{aligned} \quad (5)$$

در این رابطه، ρ_{red} بازتاب در باند قرمز (باند ۴)، a و b ضریب همبستگی خطی بازتاب باند قرمز با توان تشعشعی، ε_S توان تشعشعی خاک، ε_V توان تشعشعی پوشش گیاهی. با به دست آوردن مقادیر توان تشعشعی برای بازیابی دمای سطح زمین از الگوریتم Mono-Window (رابطه ۶) استفاده شده است (Streutker, 2003):

$$T_s = \{a_{10}(1 - C_{10} - D_{10}) + [b_{10}(1 - C_{10} - D_{10}) + C_{10} \times D_{10}] \times T_{Sensor} - D_{10} T_{10}\} / C_{10} \quad (6)$$

نظر به اهمیت دقت تصحیح هندسی بر صحت نتایج آشکارسازی تغییرات به دلیل مقایسه پیکسل به پیکسل تصاویر ماهواره‌ای با یکدیگر، این تصاویر باید کاملاً از نظر هندسی بر یکدیگر منطبق باشند. بنابراین تصاویر با استفاده از نقاط کنترل استخراج شده از نقشه توپوگرافی شهری ۱:۲۵۰۰۰ با روش ثبت تصویر به نقشه در سیستم مختصات WGS84 و سیستم تصویر UTM زون ۳۹ تصحیح هندسی گردیدند.

محاسبه دمای درخشندگی

برای محاسبه دمای درخشندگی از اطلاعات باند حرارتی ۱۰ سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸ استفاده شده است. برای محاسبه دمای درخشندگی، ابتدا باید مقادیر رقومی هر پیکسل در تصویر خام به میزان انرژی طیفی ثبت شده در سنجنده (رادینس) تبدیل شود. برای تصاویر سنجنده TIRS از رابطه (۱) استفاده می‌شود (Boori., 2015).

$$L_\lambda = M_L * Q_{CAL} + A_L \quad (1)$$

در این رابطه، L_λ میزان انرژی طیفی ثبت شده در سنجنده بر حسب $[W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)]$ ، M_L ضریب تبدیل ضرب شونده، Q_{CAL} ارزش رقومی پیکسل (DN) تصویر خام حرارتی و A_L ضریب تبدیل جمع شونده می‌باشد. بعد از تبدیل ارزش رقومی پیکسل به انرژی طیفی ثبت شده، از این میزان انرژی طیفی ثبت شده از باندهای حرارتی، می‌توان دمای درخشندگی را از رابطه (۲) محاسبه کرد (Ding and Shi, 2013, Jiang and Tian., 2010):

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

در رابطه فوق، BT دمای تابشی در سطح سنجنده بر حسب کلون (K)، L_λ میزان انرژی طیفی ثبت شده در سنجنده بر حسب $[W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)]$ ، K_1 ضریب ثابت صحت سنجی اول بر حسب $[W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)]$ که در لندست ۸ برای باند ۱۰، ۷۷۴/۸۸۵۳ است، و ضریب K_2 ثابت صحت سنجی دوم بر حسب کلون می‌باشد، که

محاسبه جریان تابش خالص خورشیدی

جریان تابش خالص^۷ تفاضل بین تابش های موج کوتاه و بلند ورودی از تابش های موج کوتاه و بلند خروجی در سطح زمین است که معادله ی آن به صورت رابطه (۱۱) است (Waters et al., 2002).

$$R_n = R_{ns} + R_{nl}$$

$$R_{ns} = R_s \downarrow - R_s \uparrow = (1 - \alpha) R_s \downarrow \quad (11)$$

$$R_{nl} = R_l \downarrow - R_l \uparrow$$

$$R_n = R_s \downarrow - \alpha R_s \downarrow + R_l \downarrow - R_l \uparrow - (1 - \epsilon_0) R_l$$

که R_n جریان تابش خالص خورشیدی (Wm^{-2}) (شکل ۴ الف)، R_{ns} جریان تابش خالص موج کوتاه (Wm^{-2})، R_{nl} جریان تابش خالص موج بلند (Wm^{-2})، $R_s \downarrow$ تابش موج کوتاه ورودی (Wm^{-2})، $R_s \uparrow$ تابش موج کوتاه خروجی (Wm^{-2}) که از رابطه $(1 - \alpha) R_s \downarrow$ قابل محاسبه است، $R_l \downarrow$ تابش موج بلند ورودی (Wm^{-2})، $R_l \uparrow$ تابش موج بلند خروجی (Wm^{-2})، α البدوی سطحی، و ϵ_0 توان تشعشعی سطحی است. R_n معمولاً در طول ساعت روز مثبت است زیرا جریان تابش خالص موج کوتاه در طول روز بیشتر از جریان تابش خالص موج بلند، اما در طول شب جریان تابش خالص موج بلند بیشتر از مقدار جریان تابش خالص موج کوتاه است و در نتیجه مقدار جریان تابش خالص منفی بدست می آید (Allen et al., 2011). اجزاء تابش موج کوتاه ورودی ($R_s \downarrow$) در رابطه (۱۲) معرفی شده اند (Waters et al., 2002).

$$R_s \downarrow = G_{sc} \times \cos \theta \times dr \times \tau_{sw} \quad (12)$$

$$dr = 1 + 0.033 * \cos((DOY * 2\pi)/365)$$

$$\tau_{sw} = 0.75 + 2 \times 10^{-5} \times Z$$

G_{sc} ثابت خورشیدی برابر با 1367 (Wm^{-2}) است،

زاویه θ برابر با $90^\circ - \beta$ است که β زاویه ارتفاعی خورشید

می باشد، DOY روز ترتیبی از سال (روز ژولینی) و Z

و a_{10} دمای سطح زمین باند ۱۰، T_s در این رابطه،

ضریبی هستند که برای باند ۱۰ به ترتیب برابر است b_{10} پارامترهای داخلی برای D و C با $70/1775$ و $0/4581$ ، الگوریتم هستند که از رابطه (۷) و (۸) محاسبه می شوند:

$$C_6 = \epsilon_{10} \tau_{10} \quad (7)$$

$$D_{10} = (1 - \tau_{10})(1 + (1 - \epsilon_{10})) \tau_{10} \quad (8)$$

T_{sensor} دمای تابشی در سطح سنسور بر حسب

کلوین، τ_{10} قابلیت عبوردهندگی جو و T_a میانگین دمای موثر جو.

محاسبه پیکسل سرد

پیکسل سرد پیکسلی انتخابی است که در زمین کشاورزی مرطوب و به خوبی آبیاری شده که دارای پوشش کامل گیاهی باشد در نظر گرفته می شود. در این پیکسل فرض می شود که دمای سطح زمین و دمای هوای نزدیک به سطح زمین مشابه به هم باشد. انتخاب این پیکسل نیازمند تجربه و آزمایش است. در این جا داشتن پوشش کامل به معنی $LAI \geq 3$ و دمای سطحی پایین است، که شاخص سطح برگ (LAI) از رابطه (۹) قابل محاسبه است (Waters et al., 2002).

$$AI = \frac{17 \frac{0.69 - SAVI}{0.59}}{0.91} \quad (9)$$

که در این رابطه LAI شاخص سطح برگ و $SAVI$ شاخص پوشش گیاهی با تنظیم انعکاس خاک که خود از رابطه (۱۰) محاسبه می شود (Waters et al., 2002).

$$SAVI = \frac{(1+L) \times (\rho_4 - \rho_3)}{L + \rho_4 + \rho_3} \quad (10)$$

در این رابطه ρ_3 بازتاب طیفی باند ۳ و ρ_4 بازتاب طیفی باند ۴ لندست ۸ و L فاکتور تنظیم کننده خاک است، که مقدار L را اغلب ۰٫۵ در نظر می گیرند (Waters et al., 2002).

⁷ Net Radiation flux

رشد گیاه مرطوب نیستند. این خاک‌های مناطق خشک و معادل خاک‌های بیابانی، بیابانی قرمز، سیروزم، سولونچاک و برخی خاک‌های قهوه‌ای و قهوه‌ای قرمز و سولونتر هستند. لایه سطحی این خاک‌ها محتوی مقدار زیادی کربنات، وکوارتز و رس است.

انتهی سل

انتهی سل‌ها خاک‌های هستند که افق‌های پدوژنیک در آنها تکامل نیافته و امکان دارد خیس، مرطوب یا خشک باشند. این خاک‌ها را ممکن است معادل خاک‌های غیرمنطقه‌ای دانست. این خاک‌ها تازه تشکیل شده، می‌تواند دارای طیف غالب مربوط به سنگریزه یا شن‌های حمل شده و یا سیلت باشند.

رس‌های اولیه کائولینیت مانند یک فیلتر جذب روی قله بازتاب عمل کرده و جذب اغلب در ناحیه ۹ میکرومتری است.

اینسپتی سل

این خاک‌ها دارای افق پدوژنیک هستند، اما تجمع مواد نقل مکان یافته به جز کربنات و سیلیکات در آنها دیده نمی‌شود. به طور معمول برای یک دوره متوالی ۹۰ روزه در طول دوره رشد گیاه مرطوب‌اند؛ بنابراین جزو خاک‌های مناطق مرطوب‌اند، این خاک‌ها دارای کانی‌های فراوان هستند (علوی‌پناه، ۱۳۸۶).

نتایج و بحث

رابطه جریان تابش خالص با دمای سطح زمین، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی و ارتفاع

رابطه جریان تابش خالص بستگی به پارامترهای مختلف سطح زمین دارد، که در زمان و مکان تحت تاثیر نوع کاربری زمین است (Mira et al., 2016). با توجه به نمودار رابطه جریان تابش خالص با دمای سطح (شکل ۶ الف) هر چه میزان دمای سطح بیشتر باشد، میزان جریان تابش خالص کمتر می‌شود. همچنین در نمودار رابطه جریان تابش خالص با شاخص نرمال شده پوشش گیاهی

ارتفاع متوسط منطقه است. $RS \downarrow$ بسته به زمان و مکان تصویر می‌تواند بین ۲۰۰ - ۱۰۰۰ باشد.

رابطه تابش موج بلند خروجی ($RL \uparrow$) به صورت رابطه (۱۳) می‌باشد (Waters et al., 2002).

$$RL \uparrow = \varepsilon \times \sigma \times T_s^4 \quad (13)$$

که ε_0 توان تشعشی سطحی (بدست آمده از شاخص‌های پوشش گیاهی و باند حرارتی ۱۰، ماهواره لندست)، σ ثابت استفان بولتزمن (5.67×10^{-8} W/m²/K⁴) و T_s دمای سطحی است.

تابش موج بلند ورودی (رابطه ۱۴) (Waters et al., 2002).

$$RL \downarrow = \varepsilon_0 \times \sigma \times T_s^4 \quad (14)$$

$$\varepsilon_a = 0.85 \times (-\ln(\tau_{sw}))^{0.09}$$

که ε_a توان تشعشی هوا و τ_{sw} گذردهی اتمسفر است. مقدار تابش موج بلند ورودی ($RL \downarrow$) بین (Wm^{-2}) ۲۰۰ - ۵۰۰ می‌باشد.

بعد از انجام پیش پردازش تصاویر و محاسبه جریان تابش خالص (شکل ۵ الف) از: تابش موج کوتاه ورودی (شکل ۴ الف)، تابش موج بلند ورودی (شکل ۴ ب) و تابش موج بلند خروجی (شکل ۴ ج)، با استفاده از نمونه برداری سیستماتیک با ابزار فیش نت در آرک جی ای اس به فواصل ۵۰۰ متری (۵۴۷۵۶ نقطه)، ارزش هر یک از نقاط نمونه در لایه‌های: دمای سطح زمین (شکل ۵ ب)، شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (شکل ۵ ج)، ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی (شکل ۸ ب)، شیب (شکل ۸ الف) و نوع کاربری (شکل ۲ ب)، استخراج و در جدول هایی جهت انجام تحلیل ذخیره شده است.

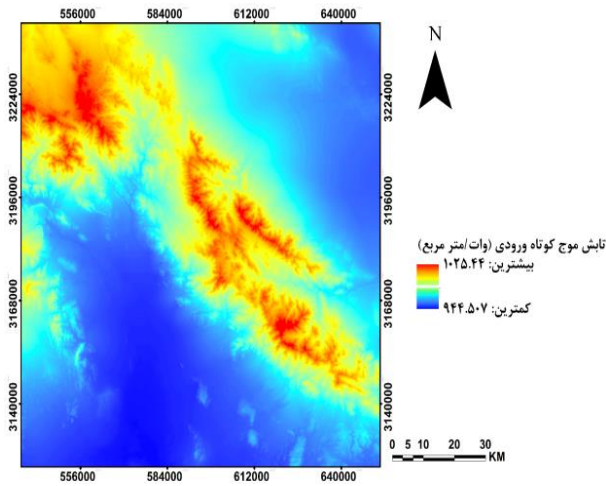
ویژگی خاک‌های منطقه مورد مطالعه

اریدی سل

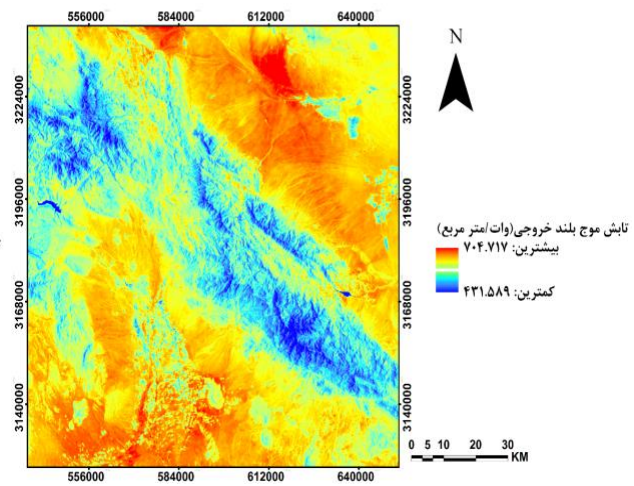
این خاک‌ها دارای افق مشخصه‌اند، اما تمام افق‌های آن‌ها خشک است و هرگز به مدت ۹۰ روز در طول دوره

۰,۵، ۵۴۵,۷۶ وات بر متر مربع است. با توجه به ضریب همبستگی ۰,۶۵ در نمودار رابطه جریان تابش خالص با ارتفاع (شکل ۷)، هر چه میزان ارتفاع بیشتر باشد، میزان جریان تابش خالص بیشتر است، به طوری که میانگین جریان تابش خالص در ارتفاع بیشتر از ۳۰۰۰ متر ۷۵۲,۱۸ وات بر متر مربع و در ارتفاع کمتر از ۳۰۰۰ متر ۵۹۵ وات بر متر مربع بوده است. با این وجود علت کم شدن ضریب همبستگی در روابط بالا تاثیر عوامل مختلف در میزان پراکنش جریان تابش خالص است.

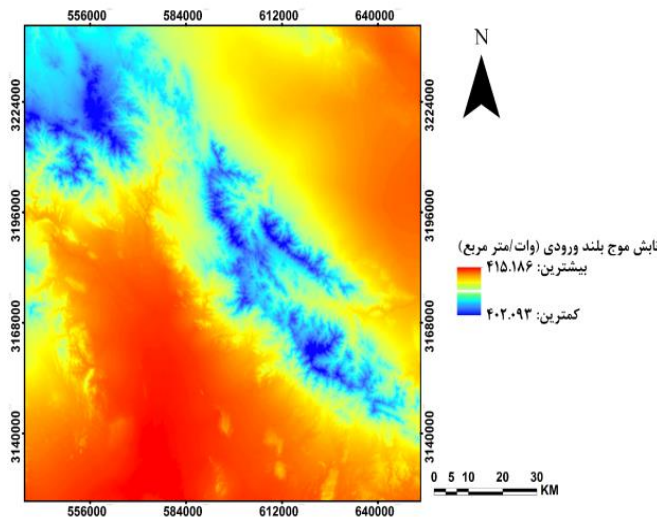
(شکل ۶ ب) که رابطه‌ای مستقیم با ضریب همبستگی ۰,۱۹ را نشان می‌دهد، با افزایش تراکم پوشش گیاهی میزان جریان تابش خالص بیشتر شده زیرا در پوشش‌های انبوه مقدار قابل توجهی از تابش کوتاه (شکل ۴ الف) و تابش موج بلند ورودی (شکل ۴ ب) صرف تبخیر و تعرق و فتوسنتز گیاه شده به طوری که میزان جریان تابش خالص در پوشش‌های با شاخص نرمال شده پوشش گیاهی بالاتر از ۰,۵، ۷۱۶,۲۸ وات بر متر مربع و در پوشش‌های با شاخص نرمال شده پوشش گیاهی کمتر از



(الف)

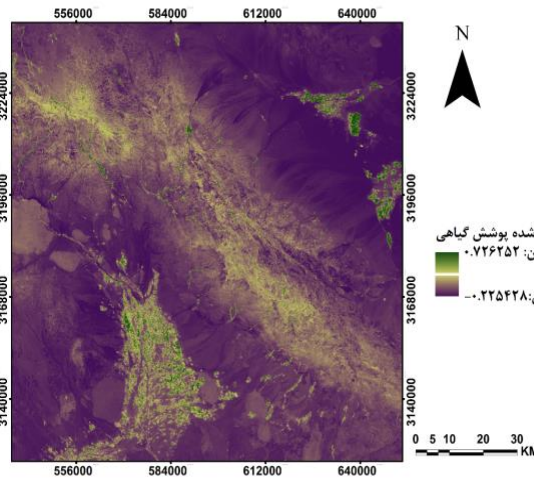
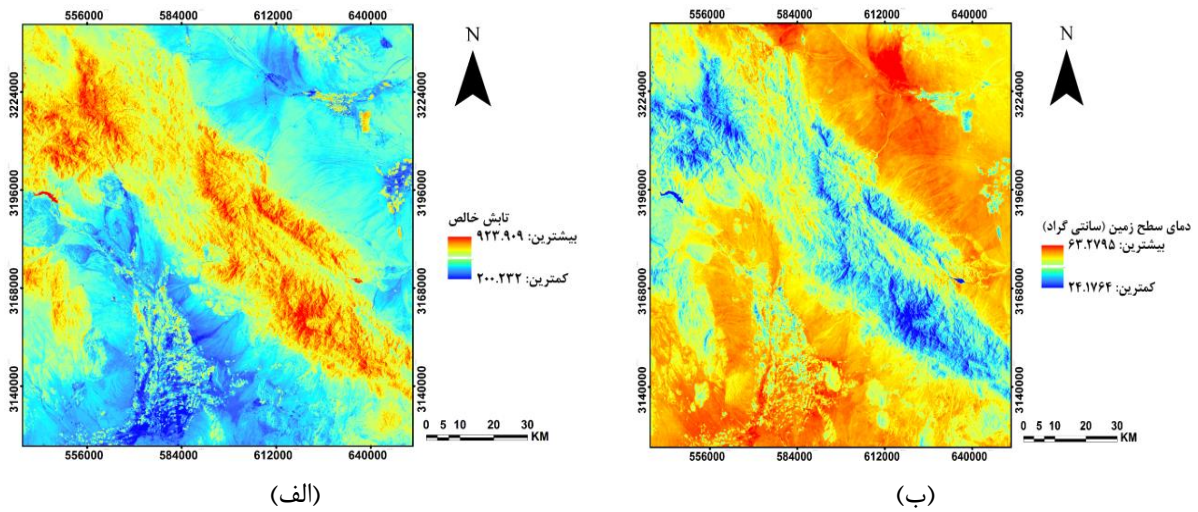


(ب)

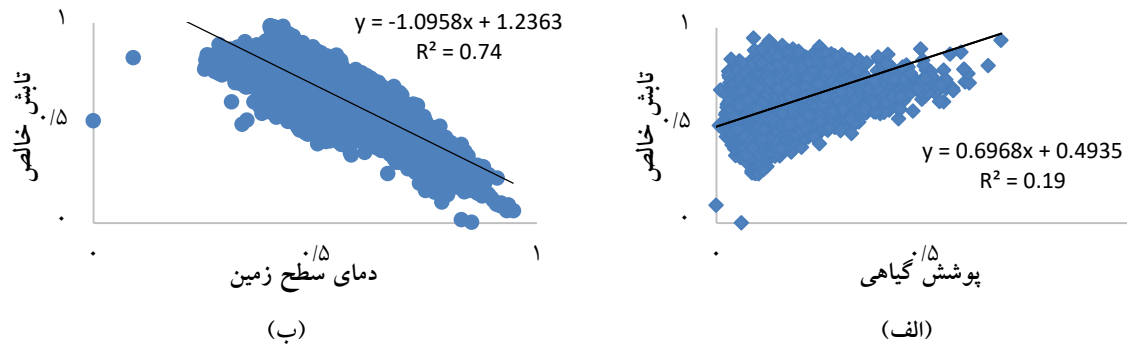


(ج)

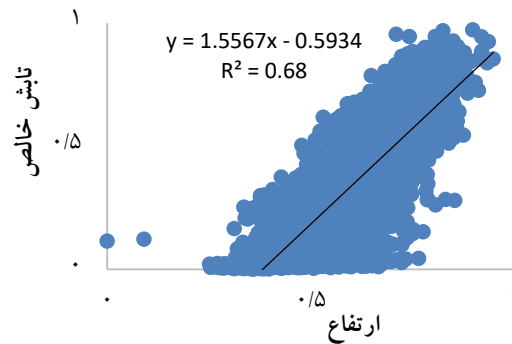
شکل ۴. (الف) تابش موج کوتاه ورودی که بیشترین مقدار آن ۱۰۲۵,۴۴ وات بر متر مربع و کمترین مقدار آن ۹۴۴,۵۰۷ وات بر متر مربع بدست آمده است، (ب) تابش موج بلند ورودی که دامنه‌ای بین ۴۰۲,۹۳ تا ۴۱۵,۱۸۶ وات بر متر مربع دارد، (ج) تابش موج بلند ورودی که بیشترین مقدار آن ۷۰۴,۷۱۷ وات بر متر مربع و کمترین مقدار آن ۴۳۱,۵۸۹ وات بر متر مربع بدست آمده است.



شکل ۵. (الف) نقشه جریان تابش خالص خورشیدی منطقه مورد مطالعه که بیشترین میزان تابش آن ۹۲۳٫۹ وات بر متر مربع و کمترین مقدار آن ۲۰۶٫۲ وات بر متر مربع است. (ب) نقشه دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه است که دامنه‌ای بین ۲۴٫۱۷-۶۳٫۲۷ درجه سانتیگراد دارد. (ج) شاخص نرمال شده پوشش گیاهی که دامنه‌ای بین (-۱٫۱) دارد مقدار بیش از ۰٫۴ این شاخص نشان دهنده پوشش گیاهی و مقادیر منفی و ۰ نشاب دهنده آب است.



شکل ۶. (الف) رابطه جریان تابش خالص با دمای سطح نرمال شده، این نمودار رابطه معکوس را با ضریب همبستگی ۰٫۷۴ بین تابش خاص و دمای سطح نشان می‌دهد، یعنی با افزایش دمای سطح میزان جریان تابش خالص کم می‌شود. (ب) رابطه جریان تابش خالص با شاخص نرمال شده پوشش گیاهی را نشان می‌دهد، ضریب همبستگی در این رابطه ۰٫۱۹ بدست آمده است.



شکل ۷. رابطه جریان تابش خالص با ارتفاع از سطح دریا، در این نمودار ضریب همبستگی ۰,۶۸ بدست آمد که نشان دهنده رابطه مستقیم جریان تابش خالص با ارتفاع است.

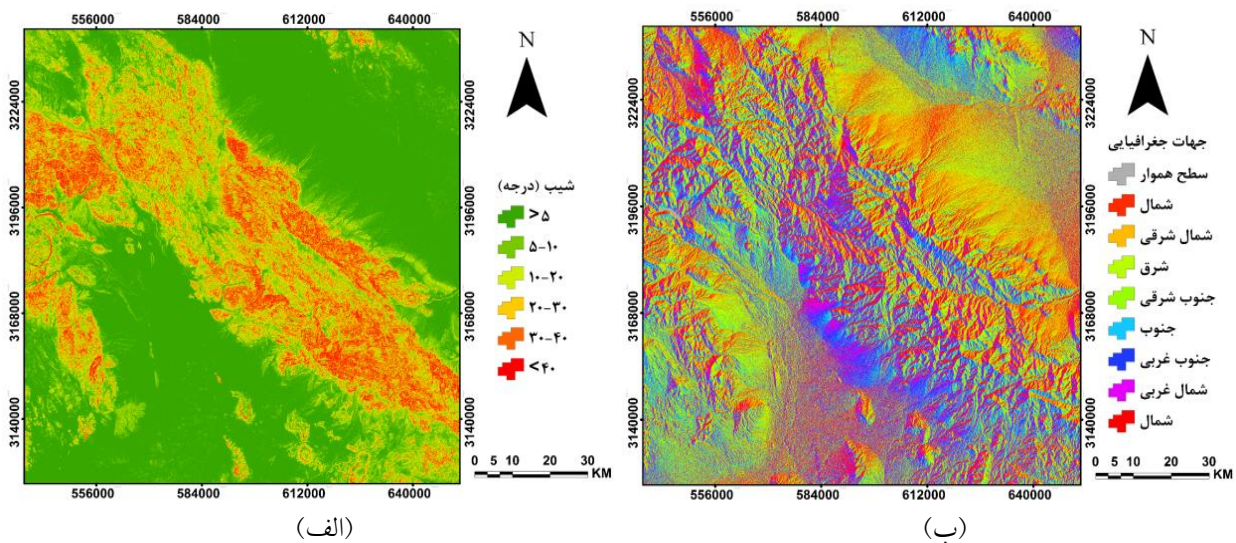
رابطه جریان تابش خالص با جهت‌های جغرافیایی

دمای سطح پایین تر نسبت به شیب‌های شمالی غربی جریان تابش خالص کمتری دارند. در اراضی بدون شیب و جهت که در منطقه مورد مطالعه سطوح آبی را تشکیل می‌دهند نیز جریان تابش خالص، قابل توجه است. کم‌ترین میزان جریان تابش خالص را شیب‌های شرقی و جنوب شرقی دارند که از نظر دمای سطحی بالاترین دما و از نظر ارتفاعی کم‌ترین ارتفاع را دارا می‌باشند.

شکل (۸) نقشه شیب و جهت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۴) بیش‌ترین تابش را شیب‌های شمال غرب و غربی دریافت می‌کنند، پیش از این با توجه به عرض جغرافیایی منطقه و فصل سال و ساعت روز انتظار می‌رفت که شیب‌های شمالی جریان تابش خالص بیشتری داشته باشند، شیب‌های شمالی به علت داشتن ارتفاع و شیب کمتر و

جدول ۴. بررسی میانگین جریان تابش خالص و عوامل تاثیر گذار بر آن در جهت جغرافیایی مشخص در نقاط نمونه

جهت جغرافیایی	میانگین شیب	میانگین دمای سطح زمین	میانگین ارتفاعی	میانگین جریان تابش خالص
بدون جهت	۰	۴۵/۲۳	۱۰۴۱/۳۳	۶۱۸/۶۶
شمال	۱۴	۴۷/۵۵	۱۷۳۹	۶۱۵
شمال شرق	۱۰	۴۹/۶	۱۵۸۶/۴	۵۹۰/۴۷
شرق	۹/۶	۵۰	۱۴۶۸/۶	۵۸۲/۷
جنوب شرق	۹/۸	۴۹/۲	۱۴۴۸/۶	۵۸۳/۷
جنوب	۱۰/۵	۴۸	۱۴۶۰	۵۹۴
جنوب غرب	۱۱/۷	۴۶/۷	۱۵۱۰	۶۱۲/۰۲
غرب	۱۴	۴۷/۵۵	۱۷۳۹	۶۲۱
شمال غرب	۱۵	۴۵	۱۷۱۰/۳	۶۳۷

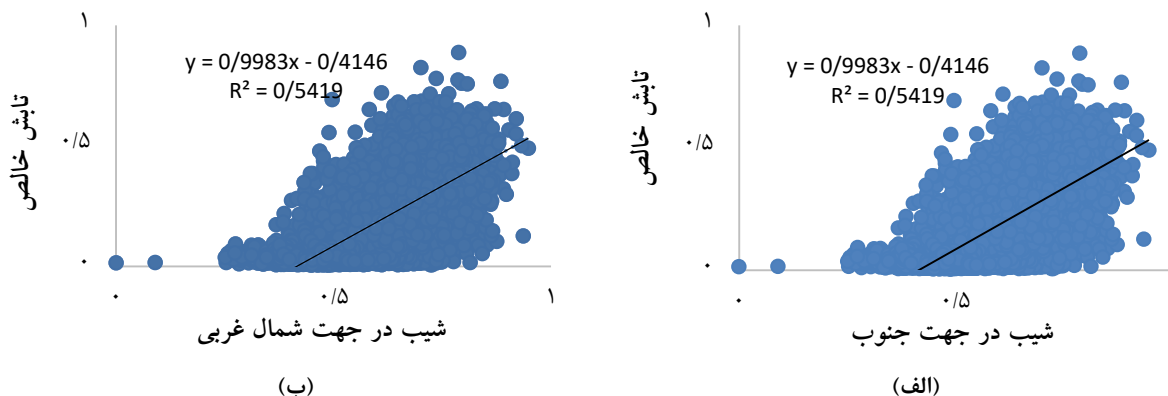


شکل ۸. (الف) نقشه شیب منطقه که از مدل رقومی ارتفاع زمین استخراج شده است. (ب) نقشه جهت‌های جغرافیایی منطقه، استخراج شده از مدل رقومی ارتفاع زمین

به ترتیب است، که نشان می‌دهد با افزایش میزان شیب در یک جهت مشخص میزان جریان تابش خالص افزایش می‌یابد، لازم به ذکر است که زمین‌های بدون جهت (شیب صفر) ممکن است دارای جریان تابش خالص بیشتری نسبت به زمین‌های با شیب زیاد باشند، که علت آن می‌تواند نوع خاص پوشش و عوامل دیگری همچون ارتفاع زیاد باشد، ولی به طور کلی روند افزایش شیب باعث افزایش میزان جریان تابش خالص می‌شود.

بررسی رابطه جریان تابش خالص در جهت‌های شمال غربی و شرقی

برای بررسی رابطه میزان تغییرات جریان تابش خالص نسبت به تغییرات شیب زمین باید آن‌ها را در جهت‌های مشخص بررسی کرد به همین دلیل در این پژوهش شیب‌های شمال غربی و شیب‌های شرقی که به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین جریان تابش خالص جدول (۴) را دارا می‌باشند انتخاب شده‌اند که نمودار پراکنش و رابطه برازش خطی آن‌ها مطابق (شکل ۹ الف) و (شکل ۹ ب)



شکل ۹. (الف) رابطه جریان تابش خالص با میزان شیب در دامنه‌های شمال غربی که رابطه‌ای مستقیم با ضریب همبستگی ۰,۵۴ را نشان می‌دهد. (ب) رابطه جریان تابش خالص با میزان شیب در دامنه‌های رو به جنوب که در این دامنه جریان تابش خالص کم‌ترین مقدار است، این نمودار نیز رابطه مستقیم با ضریب همبستگی ۰,۵ را نشان می‌دهد.

رابطه جریان تابش خالص با انواع کاربری اراضی

همانطور که گفته شد پراکنش جریان تابش خالص به عوامل مختلفی بستگی دارد و در پوشش‌های مختلف مقدار آن متفاوت است، یکی دیگر از عوامل اصلی و تاثیرگذار، نوع کاربری و پوشش زمین است، به طور کلی پهنه‌های آبی به علت گرمای ویژه بالای آب میزان انرژی بیشتری را در خود ذخیره کرده و میزان جریان تابش خالص بالایی دارند. به طور کلی در پهنه‌های آبی به علت گرمای ویژه بالای آب و میزان توان تشعشعی بالا و در نتیجه بازتاب کم، بخش بیشتری از انرژی ورودی خورشید را در خود ذخیره میکنند و از آن جایی که جریان تابش خالص از اختلاف بین تابش ورودی و خروجی حاصل می‌شود مقدار آن در این سطوح بیشتر از سایر سطوح است. از میان کاربری‌های و سطوح مختلف

موجود در منطقه مورد مطالعه دریاچه و مخازن سد بیش‌ترین جریان تابش خالص و کم‌ترین دمای سطحی را دارند (۸۱۷ وات بر متر مربع و دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد). دومین کاربری که انتظار می‌رود جریان تابش خالص بالایی داشته باشد اراضی دارای پوشش گیاهی خوب، به علت مصرف انرژی برای فتوسنتز و تبخیر تعرق است، با توجه به جدول (۵) دومین کاربری که بعد از سطوح آبی بیش‌ترین جریان تابش خالص را دارد بیشه زار و بوته زار می‌باشد علت ایجاد چنین اراضی وجود خاک مرطوب و سطح آب زیر زمینی بالا است، به همین دلیل این اراضی جریان تابش خالص بالای دارند البته شیب و ارتفاع این اراضی نیز بالا است (میزان شیب ۲۱ درجه و ارتفاع از سطح دریا ۲۰۴۱,۷ متر).

جدول ۵. مقادیر میانگین عوامل مختلف تاثیرگذار بر میزان جریان تابش خالص در نقاط نمونه در کاربری‌های مختلف

پوشش و کاربری اراضی	میانگین شیب	میانگین ارتفاع	میانگین دمای سطحی	میانگین جریان تابش خالص
زراعت آبی	۱/۸۴	۷۰۴/۵	۴۸	۵۶۸/۴
اراضی باغی	۲/۷	۸۹۷/۲	۴۸/۲۴	۵۶۵/۱۹
نیزار	۳/۱	۹۰۴/۶۱	۴۹/۳	۵۵۳
اراضی فاقد پوشش گیاهی	۲/۵	۱۰۱۰	۵۲/۲	۵۵۲
اراضی آیش	۴	۹۹۲	۵۰/۲۱	۵۴۶/۴
مراتع خوب	۵/۱۳	۱۸۰۰	۴۸	۶۰۰/۵
زراعت دیم	۶	۱۱۵۲/۴	۴۹/۸	۵۶۴/۸
مرتع با تاج پوشش متوسط	۱۸/۱۶	۲۱۲۷/۶	۴۵/۶	۶۵۲/۶۲
مرتع با تاج پوشش فقیر	۵/۲۱	۱۲۵۰	۵۱/۷	۵۵۰/۸
بیشه زار و بوته زار	۲۱	۲۰۴۱/۷	۴۳/۱	۶۷۱/۷
رخنمون سنگی	۱۲/۸۲	۱۲۱۵	۴۸	۵۷۶/۵
اراضی شور	۲/۵	۱۰۷۷	۵۱/۵	۵۰۹
محدوده شهر	۲	۹۴۳	۴۵/۱۳	۵۵۴/۴
دریاچه و مخزن سد و آب	۰	۱۱۶۲	۲۶	۸۱۷

بیش‌ترین میزان جریان تابش خالص در دریاچه و مخزن سد ۸۱۷ وات بر متر مربع و کم‌ترین مقدار آن اراضی شور ۵۰۹ وات بر متر مربع است. بیش‌ترین میزان دمای سطحی را اراضی شور ۵۱,۵ درجه سانتی‌گراد و کم‌ترین آن دریاچه و مخازن سد با ۲۶ درجه سانتی‌گراد است، بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع را نیز به ترتیب مرتع با تاج پوشش متوسط و اراضی باغی دارد.

هستند بنابراین جریان تابش خالص نیز در این نوع خاک‌ها کم می‌باشند. البته برخی از این اراضی بدلند در منطقه مورد مطالعه در شیب‌های شمال غربی واقع شده‌اند که این موضوع باعث افزایش میزان جریان تابش خالص در آنها شده است. بیش‌ترین میزان جریان تابش خالص در خاک‌های اینسپتی سل می‌باشد. این نوع خاک‌ها اغلب در مناطق مرطوب وجود دارند و اغلب دارای پوشش گیاهی مناسبی می‌باشند. خاک‌های که دارای طبقات مختلط هستند جریان تابش خالصی بین این دو نوع خاک دارند. خاک‌های اریدی سل نیز بیشتر در مناطق خشک وجود دارند به همین علت بعد از اراضی بدلند کم‌ترین میزان جریان تابش خالص را دارند.

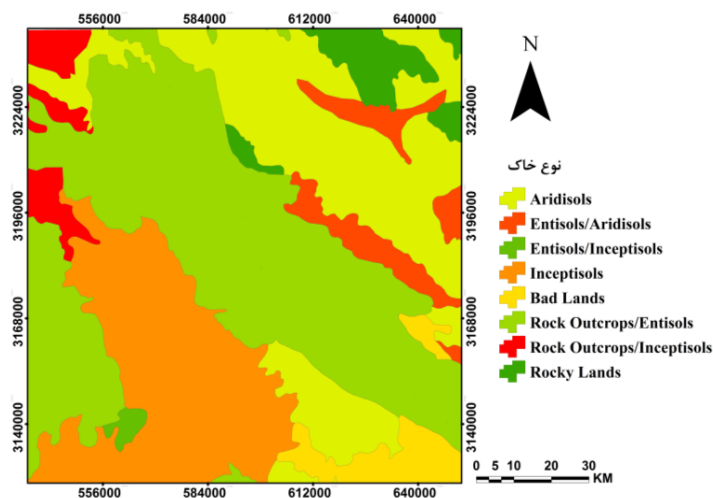
نتیجه‌گیری

عوامل زیادی در تغییرات جریان تابش خالص خورشیدی در سطح زمین اثر گذارند، که هر کدام از آنها باعث افزایش یا کاهش در میزان دریافت انرژی خورشیدی و جریان تابش خالص می‌شود. در این پژوهش از تصویر ماهواره ای لندست ۸ در تاریخ ۱۳۹۲/۰۳/۱۹ استفاده شده است. برای استخراج دمای سطح از الگوریتم Mono-Window استفاده شده است.

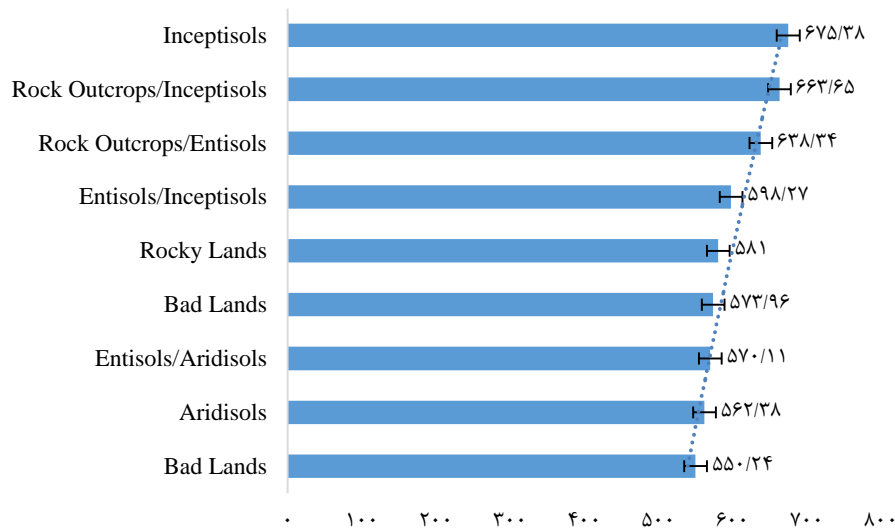
در مقایسه مراتع خوب و مراتع با تاج پوشش متوسط نیز ذکر این نکته لازم است که الارغم بالا بودن تراکم پوشش گیاهی در مراتع خوب نسبت به مراتع با تاج پوشش متوسط، اما طبق جدول (۴) مراتع با تاج پوشش متوسط جریان تابش خالص بیشتری دریافت کرده‌اند، یکی از دلایل آن بالا بودن ارتفاع و شیب در این مراتع نسبت به مراتع خوب است (ارتفاع مراتع با تاج پوشش متوسط ۲۱۲۷,۶ متر و شیب ۱۸,۱۶ درجه و ارتفاع مراتع خوب ۱۸۰۰ متر و شیب ۵,۱۳ درجه است). کم‌ترین میزان جریان تابش خالص نیز مربوط به اراضی شور است، به علت پایین بودن توان تشعشعی و بالا بودن بازتابندگی اراضی شور است که جریان تابش خالص کمتری نسبت به دیگر سطوح دارند.

رابطه جریان تابش خالص با نوع خاک در منطقه

شکل (۱۰) نقشه طبقات خاکی منطقه مورد مطالعه و شکل (۱۱) میزان جریان تابش خالص در هر نوع طبقه خاک را نشان می‌دهد. با توجه به شکل بیش‌ترین و کم‌ترین میزان جریان تابش خالص به ترتیب در خاک‌های اینسپتی سل با میزان ۶۷۵,۳۸ و بدلند با میزان ۵۵۰,۲۴ وجود دارد. اراضی بدلند به دلیل عدم وجود پوشش گیاهی و رطوبت در آنها دارای خاک‌های تخریب یافته



شکل ۱۰. نوع خاک در منطقه مورد مطالعه



شکل ۱۱. رابطه بین جریان تابش خالص با نوع خاک

نشان دادن رابطه جریان تابش خالص با میزان شیب، تغییرات شیب در یک جهت مشخص بررسی شد، نتایج نشان داد که با افزایش شیب میزان جریان تابش خالص بیشتر می‌شود، این موضوع برای زمین های بدون شیب که عامل شیب و جهت شیب اثری ندارند میزان جریان تابش خالص بیشتر تحت تاثیر نوع پوشش زمین و ارتفاع آن است، در میان کاربری‌های مختلف زمین سطوح آبی بیشترین جریان تابش خالص را دارند و اراضی شور اگر چه ارتفاع نسبتاً زیادی دارند ولی به علت بازتاب بالا و متعاقب آن توان تشعشعی کم، از جریان تابش خالص کمتری نسبت به دیگر سطوح برخوردارند. پیشنهاد می‌شود برای بررسی دقیق رابطه جریان تابش خالص با عوامل محیطی باید جریان تابش خالص را در زمان و مکان‌های مختلف برآورد و روابط بین آن‌ها را بررسی کرد، تا بتوان دید بهتری نسبت به این روابط پیدا کرد. اراضی بدلند به دلیل عدم وجود پوشش گیاهی و رطوبت در آنها دارای کمترین جریان تابش خالص و خاک‌های اینسپتی‌سل به دلیل پوشش گیاهی و رطوبت زیاد دارای بیشترین میزان جریان تابش خالص می‌باشند. خصوصیات سطح زمین و نوع کاربری آن تاثیر بسیاری در میزان تابش خالص خورشیدی و توزیع آن در سطح منطقه

به طور کلی افزایش در میزان ارتفاع از سطح دریا تا حد زیادی باعث افزایش در میزان جریان تابش خالص می‌شود، و پوشش گیاهی یکی از عوامل مهم در میزان جریان تابش خالص است به طوری که با افزایش میزان شاخص نرمال شده پوشش گیاهی میزان جریان تابش خالص نیز افزایش یافته است، البته لازم به ذکر است که وابستگی جریان تابش خالص به تغییرات ارتفاع بیشتر است تا به تغییرات پوشش گیاهی. دمای سطح نیز یکی از عوامل تاثیر گذار در میزان جریان تابش خالص است، سطوحی که دمای کمتری دارند پتانسیل بالای در جذب تابش خورشیدی دارند، برای همین رابطه جریان تابش خالص با دما رابطه ای معکوس است که در آن با افزایش دما میزان جریان تابش خالص کم می‌شود. در بررسی میزان جریان تابش خالص در جهت‌های مختلف جغرافیایی با توجه به عرض جغرافیایی و زمان تصویر برداری میزان جریان تابش خالص در جهت شمال غربی بیشترین و در جهت شرق کمترین مقدار است، که جهت شمال غربی میانگین شیب و ارتفاعی بالای دارد به همین علت تابش بیشتری را دریافت کرده است. برای بررسی رابطه جریان تابش خالص با میزان شیب به علت تغییرات جریان تابش خالص در جهت‌های مختلف برای بهتر

تابش خالص در سطوح ذکر شده به مقدار ۸۷۷ وات بر متر مربع بدست آمده است، در مورد کم‌ترین میزان تابش خالص نیز اراضی بایر و بدون پوشش کم‌ترین میزان تابش خالص را دارا می‌باشند، و این موضوع در پژوهش حاضر نیز نشان داده شده است.

دارد. در این پژوهش پهنه های آبی و اراضی با پوشش گیاهی با میانگین تابش خالص حدود ۸۰۰-۶۵۰ وات بر متر مربع بیش‌ترین مقدار را در میان کاربری‌های موجود دارند. به طوری که در پژوهش ژائو و همکاران (۲۰۱۶) که بر روی ارتباط بین تابش خالص سطح و الگوی پوشش زمین در مناطق شهری انجام شد بیش‌ترین میزان

فهرست منابع

- علوی‌پناه، س. ک. ۱۳۸۶. سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین، انتشارات دانشگاه تهران.
- کریمی فیروزجایی، م.، کباورز مقدم، م. ۱۳۹۵. بررسی ارتباط بین دما، شار تابش خالص با خصوصیات بیوفیزیکی و کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۷ (۴): ۹۶-۷۹.
- Allen, R., Irmak, A., Trezza, R., Hendrickx, J. M., Bastiaanssen, W., & Kjaersgaard, J. 2011. Satellite-based ET estimation in agriculture using SEBAL and METRIC. *Hydrological Processes*, 25: 4011-4027.
- Amatya, P. M., Ma, Y., Han, C., Wang, B., & Devkota, L. P. 2015. Estimation of net radiation flux distribution on the southern slopes of the central Himalayas using MODIS data. *Atmospheric Research*, 154: 146-154.
- Anthoni, P. M., Law, B. E., Unsworth, M. H., & Vong, R. J. 2000. Variation of net radiation over heterogeneous surfaces: measurements and simulation in a juniper-sagebrush ecosystem. *Agricultural and Forest Meteorology*, 102: 275-286.
- Ayoola, M. A., Sunmonu, L. A., Bashiru, M. I., & Jegede, O. O. 2014. Measurements of net all-wave radiation at a tropical location, Ile-Ife, Nigeria. *Atmósfera*, 27: 305-315.
- Bennie, J., Huntley, B., Wiltshire, A., Hill, M. O., & Baxter, R. 2008. Slope, aspect and climate: spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. *Ecological Modelling*, 216: 47-59.
- Blad, B. L., Walter-Shea, E. A., Mesarch, M. A., Hays, C. J., Starks, P. J., Deering, D. W., & Eck, T. F. 1998. Estimating net radiation with remotely sensed data: Results from KUREX-91 and FIFE studies*. *Remote Sensing Reviews*, 17: 55-71.
- Boori, M. S. 2015. A comparison of land surface temperature, derived from AMSR-2, Landsat and ASTER satellite data. *Journal of Geography and Geology*, 7: 61.
- Cai, G., Xue, Y., Hu, Y., Guo, J., Wang, Y., & Qi, S. 2007. Quantitative study of net radiation from MODIS data in the lower boundary layer in Poyang Lake area of Jiangxi Province, China. *International Journal of Remote Sensing*, 28: 4381-4389.
- Cueto, R. G., Soto, N. S., Rincón, Z. H., Benítez, S. O., & Morales, G. B. 2015. Parameterization of net radiation in an arid city of northwestern Mexico. *Atmósfera*, 28: 71-82.
- Ding, H., & Shi, W. 2013. Land-use/land-cover change and its influence on surface temperature: a case study in Beijing City. *International Journal of Remote Sensing*, 34: 5503-5517.
- Geraldo-Ferreira, A., Soria-Olivas, E., Gómez-Sanchis, J., Serrano-López, A. J., Velázquez-Blázquez, A., & López-Baeza, E. 2011. Modelling net radiation at surface using "in situ" netpyrriometer measurements with artificial neural networks. *Expert Systems with Applications*, 38: 14190-14195.
- Goodin, D. G. 1995. Mapping the surface radiation budget and net radiation in a Sand Hills wetland using a combined modeling/remote sensing method and Landsat thematic mapper imagery. *Geocarto International*, 10: 19-29.
- Hurtado, E., & Sobrino, J. A. 2001. Daily net radiation estimated from air temperature and NOAA-AVHRR data: a case study for the Iberian Peninsula. *International Journal of Remote Sensing*, 22: 1521-1533.
- Jacobs, J. M., Myers, D. A., Anderson, M. C., & Diak, G. R. 2002. GOES surface insolation to estimate wetlands evapotranspiration. *Journal of Hydrology*, 266: 53-65.
- Ji, X. B., Kang, E. S., Zhao, W. Z., Zhang, Z. H., & Jin, B. W. 2009. Simulation of heat and water transfer in a surface irrigated, cropped sandy soil. *Agricultural water management*, 96: 1010-1020.
- Jiang, B., Zhang, Y., Liang, S., Wohlfahrt, G., Arain, A., Cescatti, A. and Montagnani, L. 2015. Empirical estimation of daytime net radiation from shortwave radiation and ancillary information. *Agricultural and Forest Meteorology*, 211: 23-36.

- Jiang, J., & Tian, G. 2010. Analysis of the impact of land use/land cover change on land surface temperature with remote sensing. *Procedia environmental sciences*, 2: 571-575.
- Kessler, A., & Jaeger, L. 1999. Long-term changes in net radiation and its components above a pine forest and a grass surface in Germany. *International Journal of Climatology*, 19: 211-226.
- Mira, M., Olioso, A., Gallego-Elvira, B., Courault, D., Garrigues, S., Marloie, O. and Boulet, G. 2016. Uncertainty assessment of surface net radiation derived from Landsat images. *Remote Sensing of Environment*, 175: 251-270.
- Rosenberg, N. J., Blad, B. L., & Verma, S. B. 1983. *Microclimate: the biological environment*. John Wiley & Sons.
- Rose, L., & Devadas, M. D. 2009, June. Analysis of land surface temperature and land use/land cover types using remote sensing imagery—a case in Chennai city, India. In *The seventh international conference on urban climate, Yokohama, Japan (Vol. 29)*
- Sobrino, J., Coll, C., & Caselles, V. 1991. Atmospheric correction for land surface temperature using NOAA-11 AVHRR channels 4 and 5. *Remote sensing of environment*, 38: 19-34.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Sòria, G., Romaguera, M., Guanter, L., Moreno, J. and Martínez, P. 2008. Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 46: 316-327.
- Streutker, D. R. 2002. A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *International Journal of Remote Sensing*, 23: 2595-2608.
- Tucker, C. J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8: 127-150.
- Wang, K., Zhou, X., Liu, J., & Sparrow, M. 2005. Estimating surface solar radiation over complex terrain using moderate-resolution satellite sensor data. *International Journal of Remote Sensing*, 26: 47-58.
- Waters, R., Allen, R., Bastiaanssen, W., Tasumi, M., & Trezza, R. 2002. *Surface energy balance algorithms for land, Idaho implementation, advanced training and users manual*. Idaho Department of Water Resources: Boise, ID, USA.



ISSN 2251-7480

Investigation of the relationship between net radiation flux and environmental characteristics and land surface coverage using satellite image (case study: south of Kerman province)

Seyed Karim Afshari poor¹, Saeid Hamzeh^{2*} and Saman Nadizadeh Shorabeh³

1) MSc. Student of Remote Sensing and GIS, Faculty Geography, Tehran University, Tehran, Iran

2⁾ Assistant Professor, Department of Remote Sensing and GIS, Faculty Geography, Tehran University, Tehran, Iran

*Corresponding author email: saeid.hamzeh@ut.ac.ir

3) MSc. Student of Remote Sensing and GIS, Faculty Geography, Tehran University, Tehran, Iran

Received: 29-06-2017

Accepted: 24-12-2017

Abstract

The amount of earth's surface net radiation directly depend on surface temperature, land use, soil and topography. In the present study, Landsat8 satellite imagery is used to estimate net radiation flux. Then, with using systematic sampling at 500 m intervals, the value of each surface layer for example The LST, NDVI, altitude, slope, aspect, soil type and land use at the sample points for analysis were extracted. Mono-Window algorithm has been used to extract LST. The results showed that there is a direct correlation between the increase in altitude and NDVI with net radiation flux. The linear correlation coefficients were also 0.68 and 0.19 respectively. There is also an inverse relationship with the linear correlation coefficient of 0.74 between net radiation flux and LST. And from survey the rate of net radiation flux in different geographical directions in the case study it was found that in the northwest with $637(\text{w}/\text{m}^2)$ the highest net radiation flux and eastern orientation with $582.7(\text{w}/\text{m}^2)$ had the lowest rate of net radiation flux. The net radiation flux in these directions with the slope rate had a direct correlation with correlation coefficient 0.54. In addition, the rate of net radiation flux at water levels such as lake and reservoir dam with $817(\text{w}/\text{m}^2)$ has the highest rate of net radiation flux and saline lands with $509(\text{w}/\text{m}^2)$ of minimum net radiation flux. There is the highest and lowest rate of net radiation flux in inceptisols and badland areas, respectively.

Keywords: net radiation flux, land use, land surface temperature, soil and topographic, landsat8