

تحلیل ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده در دشت گرگان

زهرا جمالی^۱، مجید اونق^{۲*}، عبدالرسول سلمان ماهینی^۳

- ۱- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
- ۲- استاد گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده‌ی مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
- ۳- استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده‌ی شیلات و محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

دریافت: ۹۸/۳/۲۱ پذیرش: ۹۸/۴/۲۶

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی ارتباط دمای سطح زمین با پوشش گیاهی و کاربری اراضی دشت گرگان به کمک داده‌های سنجش‌ازدور انجام شد. در گام نخست، تصویر لندست ۸ متعلق به سال ۲۰۱۸ پیش‌پردازش و آماده و نقشه‌ی کاربری/پوشش سرزمین در ۸ طبقه تهیه شد. سپس، برای اندازه‌گیری دمای سطحی از باند حرارتی تصویر و معادلات مربوط استفاده شد. سرانجام، از شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده یا NDVI برای محاسبه‌ی گسیل‌مندی سطحی استفاده و نقشه‌ی دمای سطح زمین LST استخراج شد. به منظور خنثی کردن اثر ارتفاع بر LST، پیکسل‌های انتخابی از نقاط هم‌ارتفاع در هر کاربری انتخاب شدند. نتایج نشان داد که کاربری بایر به دلیل نداشتن پوشش حفاظتی، دارای دمای بیشتری (۴۵/۹۶) درجه‌ی سانتی‌گراد است؛ در حالی که کاربری زراعت آبی (با بالاترین میزان سبزی‌نگی) با دمای ۳۴/۰۳ درجه‌ی سانتی‌گراد، کمترین میانگین دمایی را در بین سایر کاربری‌ها داشت. از آنجا که کاربری جنگل در ارتفاعات بالاتری قرار دارد، دمای سطحی آن به صورت جداگانه بررسی شد. مقایسه‌ی



دمای سطحی پیکسل‌های مربوط به کاربری جنگل و بخش جنگل‌تراشی شده نشان داد که میزان LST در بخش جنگل‌تراشی شده حدود ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بیشتر از کاربری جنگل است. در مجموع، مناطقی که پوشش گیاهی متراکم‌تری مانند جنگل دارند، میزان LST به مراتب کمتری از سایر کاربری‌ها داشتند.

واژگان کلیدی: دشت گرگان، دمای سطح زمین، کاربری اراضی ۲۰۱۸، لندست ۸، شاخص NDVI.

۱- مقدمه

دمای سطح زمین^۱ (LST) از طریق تعادل انرژی سطح زمین و اتمسفر و همچنین خواص حرارتی سطحی و زیرسطحی کنترل می‌شود و پارامتر مهمی در بسیاری از مدل‌های محیط‌زیستی به‌شمار می‌رود (Srivastava & et-al, 2009: 1563). آگاهی از میزان LST کمک شایانی به طیف وسیعی از مسائل مرتبط با علوم زمین، نظیر اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیطی و بررسی تعاملات انسان و محیط، می‌کند (Mallick & et-al, 2008: 131). اطلاعات مربوط به کاربری اراضی و پوشش زمین به‌عنوان یک جز اصلی و مهم از داده‌های مورد استفاده در جنبه‌های مختلف برنامه‌ریزی منطقه‌ای، پژوهش‌های مربوط به تغییرات جهانی و برنامه‌های کاربردی در حوزه‌ی نظارت بر محیط‌زیست شناخته شده است (Azimi & et-al, 2016: 61). کاربری اراضی نقش مهمی در فرآیندهای زیست‌محیطی دارد و متأسفانه با وجود نقشی که در خصوصیات اقلیمی، تنوع زیستی و موجودیت آب دارد، توجه کمی به آن می‌شود (Mohammady & et-al, 2016: 141). در مقیاس جهانی، بیان می‌شود که تغییرات کاربری/پوشش اراضی باعث تغییر رژیم دمای منطقه‌ای و محلی می‌شود (Feizizadeh & et-al, 2013: 1290). انواع کاربری اراضی بر میزان LST تأثیر می‌گذارد و به‌عنوان شاخصی برای بررسی روند آن قلمداد می‌شود (Dontree, 2010). با استفاده از LST، اطلاعات مفیدی در مورد خصوصیات فیزیکی سطح زمین و اقلیم به‌دست می‌آید که نقش بسزایی در فرآیندهای محیط‌زیستی دارند (Lu & Deng, 2004: 1053). LST یک عامل مهم در بسیاری از زمینه‌های مطالعاتی، مانند تغییرات اقلیم جهانی، هیدرولوژیکی، کشاورزی و کاربری زمین/پوشش است.

باتوجه به ناهمگونی ویژگی‌های سطح زمین، مانند پوشش گیاهی، توپوگرافی و خاک، LST به‌سرعت در مقیاس فضایی و زمانی تغییر می‌کند. بنابراین، به‌منظور دستیابی به تغییرات LST

1. Land Surface Temperature

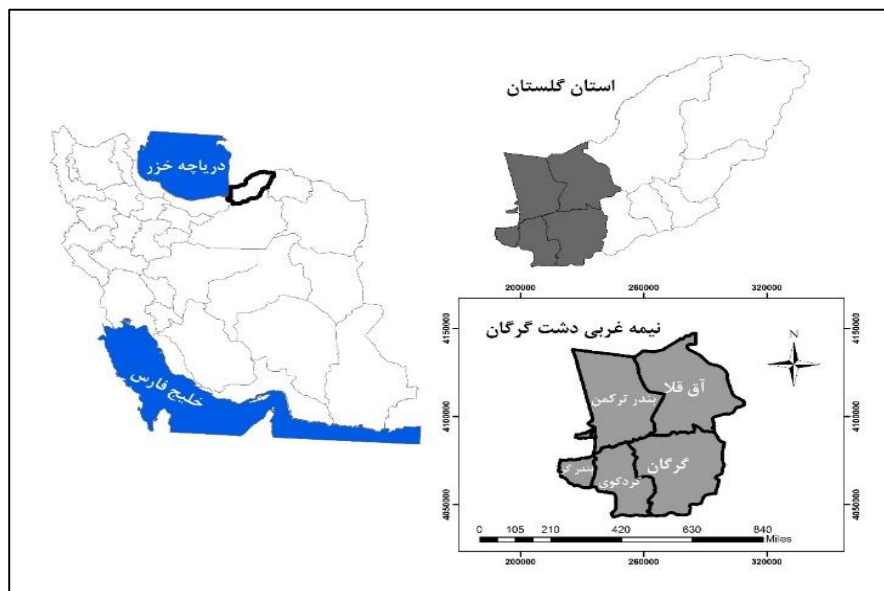
در بعد فضا و زمان باید این پارامتر اندازه‌گیری شود. باتوجه به پیچیدگی‌های LST، اندازه‌گیری‌های زمینی در سرتاسر مناطق وسیع امکان‌پذیر نیست. با توسعه‌ی سنجش‌ازدور، محاسبه‌ی LST از طریق تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان روشی با قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا، درحال گسترش است (Liang Li & et-al, 2013: 14). داده‌های مادون قرمز حرارتی ماهواره‌ای به‌طور مستقیم با LST از طریق معادله‌ی انتقال تابشی، ارتباط دارد. بازیابی LST از طریق داده‌های مادون قرمز حرارتی ماهواره‌ای توجه زیادی را به خود جلب کرده است و تاریخ آن به دهه‌ی ۱۹۷۰ بازمی‌گردد (McMillin, 1975: 5113). مطالعات بسیاری در جهان درمورد استخراج LST با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای انجام شده است که از روش‌های مختلفی برای کاهش اثرات اتمسفری استفاده می‌کنند (Gemes & et-al, 2016; Wang & et-al, 2013; Wang & et-al, 2015; Advan & Jovanovska, 2016; Rajeshwari & Mani, 2014, Oguz, 2017; Yu & et-al, 2014). اگرچه تحقیقات اولیه درمورد بازیابی و استخراج LST انجام شده (Prata & et-al, 1995: 175; Dash & et-al, 2002: 2563)، پیشرفت‌های زیادی در الگوریتم‌های بازیابی LST رخ داده است. در این تحقیق، می‌کوشیم از آخرین روش‌های اندازه‌گیری استفاده کنیم. هدف از پژوهش برآورد LST و بررسی رابطه‌ی احتمالی آن با شاخص اختلاف گیاهی نرمال‌شده (NDVI¹) و کاربری اراضی است. در این پژوهش، به‌منظور خنثی کردن اثر ارتفاع بر مقادیر LST، نقاط نمونه از نقاط هم‌ارتفاع را استخراج می‌کنیم.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه با مساحتی در حدود ۵۱۰۱ کیلومترمربع در نیمرخ شمالی- جنوبی و شرقی- غربی استان گلستان واقع شده و دارای مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۷ دقیقه و ۵۱/۵۱ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه و ۲۴/۲۶ ثانیه‌ی عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه و ۱۴/۷۶ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۵۱ دقیقه و ۴۶/۲۶ ثانیه‌ی طول شرقی است. این منطقه در یک روند ژئومورفولوژیکی از کوهستان تا پلایا (کوبر) قرار دارد که از شمال به اراضی کویری و پلایایی کشور ترکمنستان، از غرب به جلگه‌ی ساحلی دریای خزر، از جنوب به ارتفاعات و مناطق کوهستانی البرز و از شرق به شهرستان‌های گنبدکاووس و علی‌آباد محدود می‌شود. شکل ۱ نقشه‌ی موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه را در ایران و استان گلستان نمایش می‌دهد.

1. The Normal Difference Vegetation Index



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه در ایران و استان گلستان

داده‌های به‌کاررفته در این تحقیق شامل نقشه‌ی توپوگرافی، اطلاعات هواشناسی ایستگاه‌های منطقه و تصویر ماهواره‌ی لندست ۸ است که به‌منظور استخراج نقشه‌ی کاربری اراضی و تهیه‌ی نقشه‌ی دمای سطح زمین برای سال ۲۰۱۸ به‌کار رفت.

۲-۲- فرآیند اندازه‌گیری دمای سطح زمین

داده‌های لندست ۸ به‌صورت رایگان در وبسایت Earth Explorer در دسترس عموم قرار دارد. در این مطالعه، به‌منظور بازیابی LST، از باند حرارتی ۱۰ برای تخمین دمای روشنایی (BT^1) و از باند ۴ و ۵ برای محاسبه‌ی شاخص NDVI استفاده شده است. اطلاعات به‌کاررفته‌ی موجود در فایل Metadata در الگوریتم محاسباتی LST در جدول ۱ ارائه شده است. در ادامه، جزئیات بیشتری در مورد الگوریتم محاسباتی LST ارائه می‌کنیم.

1. Brightness temperature (BT)

۲-۲-۱- محاسبه‌ی رادیانس طیفی

در این تحقیق، از فرمول موجود در وبسایت USGS برای محاسبه‌ی رادیانس طیفی بالای اتمسفر (TOA^۱) استفاده کردیم (معادله‌ی ۱).

$$TOA = ML * Q_{cal} + AL - Q_i$$

معادله ۱

ML نشان‌دهنده‌ی عامل ضریب بازمقیاس‌سازی، Q_{cal} نشان‌دهنده‌ی اعداد پیکسل باند ۱۰، AL نشان‌دهنده‌ی عامل اضافه‌شونده‌ی بازمقیاس‌سازی و Q_i نشان‌دهنده‌ی تصحیح لازم برای باند ۱۰ است (Barsi & et-al, 2014: 11607).

۲-۲-۱-۱- تبدیل رادیانس به دمای روشنایی

بعد از تبدیل ارزش‌های رقومی به رادیانس طیفی براساس مرجع تابش طیفی، داده‌های باند حرارتی باید از تابش طیفی به دمای روشنایی تبدیل شوند. با استفاده از معادله‌ی ۲، تابش طیفی به دمای روشنایی تبدیل می‌شود (USGS, 2013):

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left[\frac{K_1}{TOA} + 1\right]}$$

معادله ۲

273.15

۲-۲-۱-۲- شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده

شاخص‌های پوشش گیاهی نوع ویژه‌ای از شاخص‌های طیفی هستند که برای شرح اطلاعات از داده‌های ماهواره‌ای به کار می‌روند و معمولاً اطلاعات را از باندهای طیفی قرمز و مادون قرمز نزدیک استخراج می‌کنند (zare Khormizie & et-al, 2017: 221). در این مطالعه، برای محاسبه‌ی شاخص NDVI از دو باند مادون قرمز نزدیک و باند قرمز تصویر لندست ۸ استفاده کردیم (معادله‌ی ۳). تخمین شاخص NDVI ضروری است؛ زیرا مقدار پوشش گیاهی موجود عامل مهمی در تخمین نسبت پوشش گیاهی (Pv^2) و گسیل‌مندی^۳ خاک (E) است که با

1. The top of atmospheric(TOA)spectral radiance
2. The proportion of the vegetation
3. Emissivity

نسبت پوشش گیاهی ارتباط دارد. بنابراین، NDVI برای وضعیت پوشش گیاهی استفاده می‌شود (Weng & et-al, 2004: 467).

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR}(\text{band5}) - R(\text{band4})}{\text{NIR}(\text{band5}) + R(\text{band4})} \quad \text{معادله ۳}$$

در معادله‌ی بالا، NIR باند مادون قرمز نزدیک (باند ۵) و R باند قرمز (۴) است.

۲-۲-۲- محاسبه‌ی نسبت پوشش گیاهی

معادله‌ی ۴ روش محاسبه‌ی نسبت پوشش گیاهی را با استفاده از مقادیر NDVI برای پوشش گیاهی و خاک با کاربرد شرایط جهانی ارائه می‌کند.

$$Pv = \left(\frac{\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\text{S}}}{\text{NDVI}_{\text{V}} - \text{NDVI}_{\text{S}}} \right)^2 \quad \text{معادله ۴}$$

مقادیر NDVI برای پوشش گیاهی و خاک به شرایط اتمسفری بستگی دارد. بنابراین، مقادیر NDVI از بازتابش سطحی محاسبه می‌شود؛ اما تخمین آن از طریق بازتابش TOA صورت نمی‌گیرد (Jiménez-Muñoz & et-al, 2009: 768).

تخمین درست NDVI_V و NDVI_S مشکل است؛ زیرا این مقادیر باتوجه به فصل و منطقه متفاوت است. بنابراین، برای حل معادلات جهانی با مقیاس فضایی بسیار کم ($0.15^\circ \times 0.15^\circ$)، گوتمن و ایگناتو (۱۹۹۸) پیشنهاد دادند که $\text{NDVI}_{\text{V}} = 0.52 \pm 0.03$ و $\text{NDVI}_{\text{S}} = 0.04 \pm 0.03$ در نظر گرفته شوند که به ترتیب با حداقل و حداکثر مقادیر در نواحی بیابانی و نواحی پوشیده از گیاه برابر هستند.

۲-۲-۳- محاسبه‌ی گسیل‌مندی سطحی

به نسبت بین گسیلش از یک شیء به گسیلش از جسمی سیاه در دمای ثابت، توان تشعشعی (گسیل‌مندی) می‌گویند. مقدار گسیل‌مندی برای تبدیل دمای روشنایی به دمای جنبشی، دمای داخلی یک جسم است که به وسیله‌ی دماسنج یا هر وسیله‌ی گرماسنج دیگر ثبت می‌شود (Alavi Panah, 2006).

تخمین گسیل‌مندی سطحی به‌طور مشروط طبق معادله‌ی ۵ انجام می‌شود.

$$E_{\lambda} = E_{v\lambda}P_v + E_{s\lambda}(1 - P_v) + C_{\lambda} \quad \text{معادله ۵}$$

در معادله‌ی بالا، E_v و E_s به ترتیب گسیل‌مندی پوشش گیاهی و خاک و C عامل زبری سطح ($C=0$ برای سطوح همگن و مسطح) است که به‌عنوان یک مقدار ثابت $0/005$ در نظر گرفته شده است (Sobrino & Raissouni, 2000: 353). این شرایط با معادله‌ی ۶ و مقادیر ثابت گسیل‌مندی (جدول ۱) نشان داده می‌شود (Wang & et-al, 2015: 4268).

$$E_{\lambda} = \begin{cases} E_{s\lambda} & ; NDVI < NDVI_s \\ E_{v\lambda}P_v + E_{s\lambda}(1 - P_v) + C & ; NDVI_s \leq NDVI \leq NDVI_v \\ E_{s\lambda} + C & ; NDVI > NDVI_v \end{cases} \quad \text{معادله ۶}$$

جدول ۱: اطلاعات به‌کاررفته‌ی موجود در فایل Metadata

K1 K2	ثابت حرارتی باند ۱۰	۱۳۲۱/۰۸ ۷۷۷/۸۹
M1 A1	عامل فیزیکی باند ۱۰	۰/۰۰۰۳۴۲ ۰/۱
O1	ضریب اصلاحی باند ۱۰	۰/۲۹

اگر $NDVI$ کمتر از صفر باشد نمایانگر آب است و مقدار گسیل‌مندی $0/991$ تعیین می‌شود. اگر مقادیر $NDVI$ بین 0 و $0/2$ باشد زمین پوشیده از خاک است و مقدار گسیل‌مندی $0/996$ در نظر گرفته می‌شود. مقادیر بین $0/2$ و $0/5$ به‌عنوان رطوبت خاک و پوشش گیاهی طبقه‌بندی می‌شود و مقدار گسیل‌مندی 6 به‌کار می‌رود. درنهایت، زمانی که مقدار $NDVI$ بزرگ‌تر از $0/5$ باشد، زمین پوشیده از گیاه محسوب می‌شود و مقدار گسیل‌مندی $0/973$ در نظر گرفته می‌شود. آخرین مرحله‌ی بازیابی LST طبق معادله‌ی ۷ محاسبه می‌شود:

$$T_s = \frac{BT}{1 + [(\lambda BT / \rho) \ln E_{\lambda}]} \quad \text{معادله}$$

در معادله‌ی مذکور، T_s معادل LST برحسب درجه‌ی سلسیوس، λ طول موج رادیانس ساطع‌شده ($\lambda=10/895$) و ϵ گسیل‌مندی محاسبه‌شده در معادله‌ی ۶، ρ ثابت پلانک ($J s^{-3}$)

۱۰ * (۶/۶۲۶) و c نیز سرعت نور (10^8 m/s * ۲/۹۹۸) است (Markham & Barker, 1985: 697).

تمام مراحل محاسباتی LST و شاخص NDVI با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.4.1 و استخراج نقشه‌ی کاربری ۲۰۱۸ با نرم‌افزار ادریسی انجام شد.

۲-۲-۴. ارزیابی LST استخراج‌شده با ایستگاه‌های هواشناسی

گفتنی است که دمای سطحی که نشان‌دهنده‌ی حرارت سطحی جسم است، با دمای هوای دربرگیرنده‌ی آن جسم اندکی تفاوت دارد. با استفاده از معادله‌ی ۸، دمای هوا از روی مقادیر LST به دست می‌آید (Sasan Pour & et-al, 2014: 256):

$$T_{(air)} = 14.6 + 0.44$$

* LST

معادله ۸

به منظور اثبات میزان دقت کار برای تهیه‌ی نقشه‌ی دمای سطحی، مقادیر دمای اندازه‌گیری‌شده توسط سه ایستگاه سینوپتیک در همان تاریخ اخذ تصویر با مقادیر به دست‌آمده‌ی دمای هوا از مقادیر دمای سطحی مطابق جدول ۲ مقایسه شدند (Dash & et-al, 2002: 2563). شیب معادله نشان می‌دهد که با افزایش هر درجه‌ی سلسیوس در دمای سطحی، ۰/۴۴ به دمای هوای نزدیک سطح زمین افزوده می‌شود (Ahmadi & et-al, 2015: 61). مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲: مشخصات و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های انتخابی

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
کردکوی بالا بلوک	۵۴ ۷'۲۹	۳۶ ۴۶'۰۲	۹۰
محوطه‌ی اداره‌ی گرگان	۵۴ ۲۸'۴۹	۳۶ ۴۲'۴۲	۲۵۰
نومل - سد کوثر	۵۴ ۳۳'۰۸	۳۳ ۴۸'۴۸	۹۰۰

۲-۳- همبستگی بین LST و شاخص NDVI و انواع کاربری

برای دستیابی به تأثیر کاربری‌ها و NDVI بر LST، از روش رگرسیون خطی استفاده کردیم.

۲-۴- مدل رگرسیون خطی

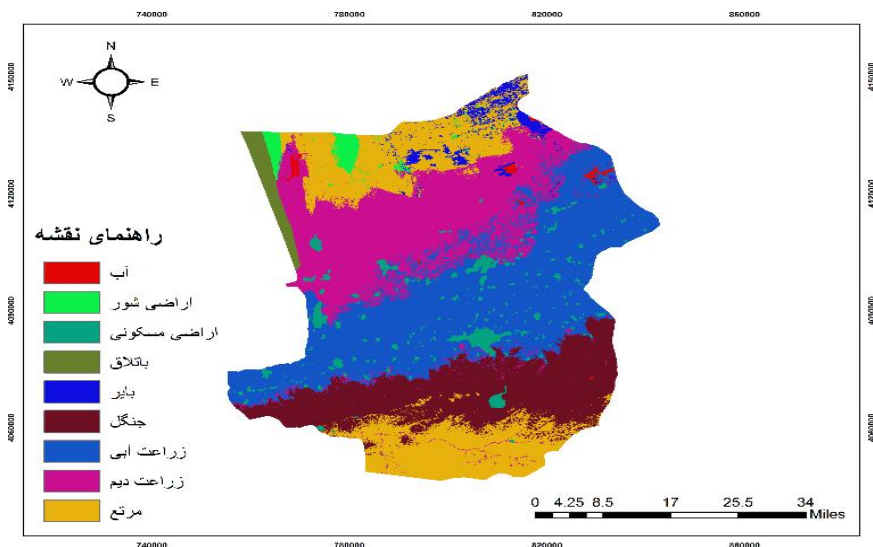
این مدل به‌عنوان یکی از روش‌های مدل‌سازی، با استفاده از ضریب همبستگی رابطه بین دو یا چند متغیر را می‌یابد و بر این اساس، این روابط را تحلیل می‌کند (Adab, 2010). متغیری را که تغییراتش تابع تغییرات سایر متغیرها است، متغیر وابسته یا پاسخ و سایر متغیرها را متغیر مستقل می‌نامند (Kineer & et-al, 2001). در این تحقیق، از روش رگرسیون هم‌زمان (Enter) برای ورود متغیرها در رگرسیون خطی استفاده کردیم.

۲-۵- روش رگرسیون هم‌زمان (Enter)

در این روش، هم‌زمان همه‌ی متغیرها جمع‌آوری و وارد مدل می‌شوند و مدل براساس همه‌ی متغیرهای موردتوجه در آن محاسبه می‌شود (Faraj Zadeh, 2007).

۳- بحث و نتایج

شکل ۲ نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه‌ی دشت گرگان در سال ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد. نقشه‌ی کاربری اراضی در ۸ طبقه‌ی اراضی (شور، بایر، آب، مرتع، کشاورزی دیم و آبی، جنگل، کاربری شهری و تالاب) تهیه شد. ضریب کاپای نقشه‌ی حاصل به میزان ۸۸ درصد محاسبه شد. بعد از استخراج نقشه‌ی کاربری اراضی، شاخص NDVI و دمای سطح زمین برای سال ۲۰۱۸ تخمین زده شد (شکل‌های ۳ و ۵). همان‌طور که شکل ۳ نشان می‌دهد، میزان برآوردی دمای سطحی بین ۱۴ تا ۵۱ درج سانتی‌گراد است.



شکل ۲: نقشه‌ی کاربری اراضی منطقه‌ی مورد مطالعه (سال ۲۰۱۷)

برای مقایسه و ارزیابی دمای سطح زمین در هر کاربری اراضی، طبقات مختلف کاربری را انتخاب و میانگین دمای سطحی پیکسل‌های متناظر با هر طبقه را محاسبه کردیم. جدول ۳ میانگین دمای سطحی در هر طبقه‌ی کاربری اراضی را ارائه می‌کند. مطابق این جدول، کمترین میانگین دما به ترتیب به کاربری‌های زراعت آبی و منابع آبی به میزان ۲۹/۹۵ و ۳۴/۰۳ درجه‌ی سانتی‌گراد مربوط است. با توجه به زمان تهیه‌ی تصویر، محصولات کشت‌شده در کاربری زراعت آبی از رشد و سبزیگی قابل‌قبولی برخوردار بودند (بالا بودن شاخص NDVI تأکیدی بر سبزیگی محصولات زراعی آبی در این تاریخ است) و با تأثیرگذاری بر کاهش تبخیر و حفظ رطوبت زمین، در تعدیل حرارتی مؤثر بوده‌اند که به جذب کمتر حرارت خورشیدی و درنهایت، کاهش دما منجر شده است. منابع آبی نیز به دلیل ظرفیت گرمایی بالا و جذب کمتر انرژی خورشیدی، به کاهش هوای پیرامون منجر می‌شوند.

کاربری مرتع با میانگین دمایی ۳۸/۹۱ بعد از دو کاربری ذکرشده، کمترین میانگین دمایی را دارد. این کاربری حدود ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد دمای بالاتری از کاربری زراعت آبی نشان داد. از آنجا که زمان گرفتن تصویر ماهواره‌ای ۳۰ مهرماه است، سطح تاج پوشش مراتع در این زمان کم شده و در بخش‌های زیادی پوشش مرتعی خشک شده است. این اتفاق بر دمای سطحی

تأثیرگذار بوده است. پایین بودن شاخص NDVI این کاربری درمقایسه با زراعت آبی تأکیدی بر این نتیجه است.

کاربری بایر با میانگین دمایی ۴۵/۹۶ درجه‌ی سانتی‌گراد بالاترین دمای سطحی را دربین سایر کاربری‌ها داشت. از آنجا که در نواحی بایر پوشش گیاهی به‌صورت محدود و پراکنده است، زمین بیشتر در معرض امواج خورشیدی قرار دارد. از سوی دیگر، روشن است که سطح لخت زمین‌های بایر در جذب انرژی و افزایش دمای سطحی تأثیرگذار است.

بررسی اطلاعات آماری دمای سطحی نشان می‌دهد که برخلاف انتظار، دمای سطحی کاربری دیم بالاتر از کاربری شهر است. این موضوع از وجود فضای سبز، پارک‌ها، باغات و ... در شهر ناشی شده است که به کاهش جذب انرژی خورشید و پایین آوردن دمای سطحی منجر می‌شود. همچنین، ساختمان‌ها (به‌ویژه سقف شیروانی آن‌ها) در کاهش جذب انرژی تأثیرگذار بوده است. از طرفی، باتوجه به زمان گرفتن تصویر، زراعت دیم اغلب تحت کشت محصول گندم است و زمین پوشش سبز ندارد که این به افزایش تبخیر و تعرق و جذب و انعکاس بیشتر انرژی خورشید منجر شده و باعث شده است که دمای سطحی این کاربری بالاتر رود.

جدول ۳: میانگین دمای سطح زمین در کلاس‌های مختلف کاربری اراضی در سال ۲۰۱۷

معنی داری در سطح ۰.۰۵٪ sig= 0.0000	شاخص NDVI	دمای سطح زمین	کلاس کاربری اراضی
	۰/۰۵۳۳۹۵	۴۵/۹۶۵۰۸	بایر
	-۰/۱۶۲۳۷	۳۴/۰۳۰۹۵	آب
	۰/۰۳۷۷۴۱	۳۸/۹۱۷۹۷	مرتع
	۰/۱۱۴۰۳۲	۴۶/۰۸۹	دیم
	۰/۵۶۸۴۱۹	۲۹/۹۵۹۵۴	زراعت آبی
	۰/۰۳۸۱۴۸	۴۰/۰۱۱۸۲	مناطق مسکونی

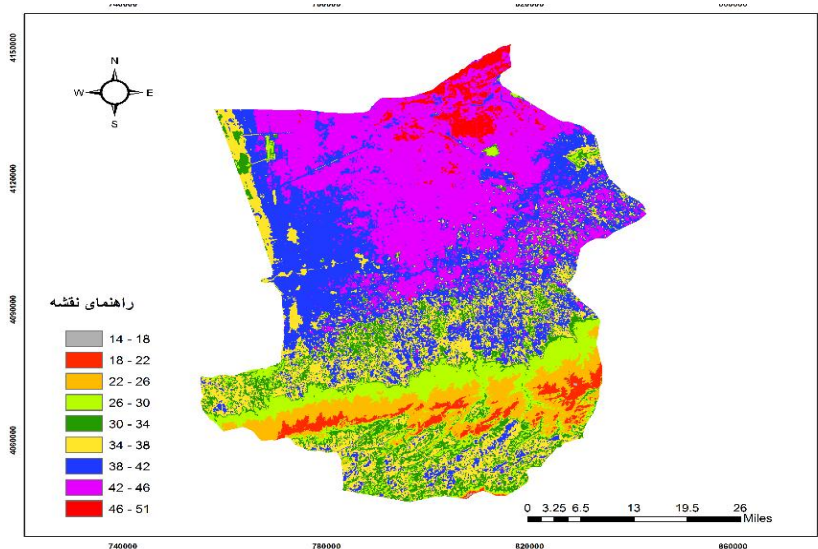


از آنجا که در منطقه‌ی مورد مطالعه، کاربری جنگل در ارتفاع بالاتری در مقایسه با سایر کاربری‌ها قرار داشت، این واحد کاربری را به‌طور جداگانه بررسی کردیم. در این کاربری، ۳۰ نمونه را از داخل جنگل و ۳۰ نمونه را از بخش‌های جنگل‌تراشی‌شده استخراج کردیم که با بررسی دمای سطحی این پیکسل‌ها مشخص شد که در قسمت‌های جنگل‌تراشی‌شده، دمای سطحی حدود ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بالاتر از مناطق جنگلی است (جدول ۴). این موضوع نقش پوشش گیاهی را در دمای سطحی به‌خوبی نشان می‌دهد. پوشش جنگلی با ایجاد سایه و کاهش تبخیر و تعرق و به‌دنبال آن، حفظ رطوبت زمین و همچنین، با جذب کمتر انرژی خورشیدی و بازتابش آن به‌وسیله‌ی تاج پوشش، به کاهش دمای سطحی منجر می‌شود.

جدول ۴: میانگین دمای سطح زمین در کاربری جنگل و بخش‌های جنگل‌تراشی‌شده در سال ۲۰۱۷

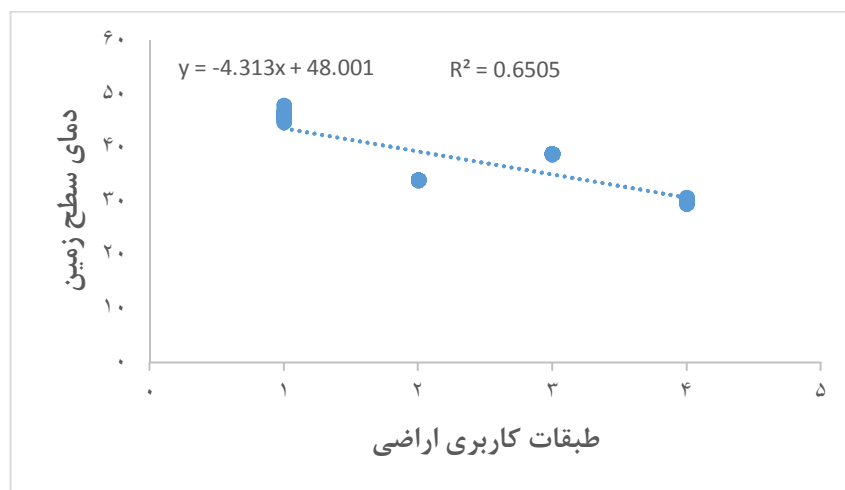
شاخص NDVI	دمای سطح زمین	کلاس کاربری اراضی
۰/۵۳	۲۵/۸۳	جنگل
۰/۴۸	۳۰/۲۵	جنگل‌تراشی

همان‌طور که در جدول ۳ مشخص است، بین انواع کاربری و دمای سطحی رابطه‌ی معنی‌داری وجود دارد. نتایج نشان می‌دهد که در کاربری‌هایی با پوشش گیاهی و یا آب، به‌دلیل جذب کمتر حرارتی آب و پوشش گیاهی، دمای سطحی کمتر از سایر کاربری‌ها است. این نشان‌دهنده‌ی ارتباط آشکار بین پارامتر دمای سطحی و کاربری است.



شکل ۳: نقشه‌ی LST منطقه‌ی مورد مطالعه (سال ۲۰۱۷)

شکل ۴ همبستگی بین انواع کاربری و دمای سطحی را نشان می‌دهد. این نمودار با در نظر گرفتن ۳۰ نمونه از هر کاربری، ترسیم شده است. از آنجا که پارامتر ارتفاع عامل مؤثری بر دما است، در این پژوهش کوشیدیم نقاط نمونه را از مناطقی با ارتفاع یکسان انتخاب کنیم.



شکل ۴: نمودار همبستگی بین انواع کاربری و دمای سطح زمین



در روش رگرسیون هم‌زمان، ممکن است تعدادی از متغیرها در مدل آورده شوند که حضورشان معنی‌دار نیست؛ به همین دلیل، مقدار R^2 در این روش بسیار کاهش می‌یابد (Faraj Zadeh, 2007). در این تحقیق، با وارد کردن کاربری دیم و مناطق مسکونی، میزان R^2 بسیار کاهش یافت (از ۶۵٪ به ۲۶٪). بنابراین، در محاسبه R^2 و مدل پیش‌بینی مقادیر دمای سطحی، این دو کاربری حذف شدند.

همان‌طور که در شکل ۴ می‌بینیم، میزان $R^2 = 0/65$ است که نشان می‌دهد کاربری اراضی ۶۵٪ از تغییرات دمایی را پیش‌بینی می‌کند که عدد قابل‌قبولی است. همچنین، R به میزان ۰/۸۰ است که نشان‌دهنده همبستگی بالا بین کاربری اراضی و دمای سطحی است.

۳-۱- ارزیابی نقشه‌ی دمای سطحی تهیه‌شده با داده‌های زمینی

نتایج آزمون همبستگی بین دمای سطحی تصویر لندست ۸ و دمای هوای ایستگاه هواشناسی و همچنین همبستگی بین دمای هوای محاسبه‌شده و ایستگاه‌های موجود هر دو به میزان ۰/۹۹ به‌دست آمد (جدول ۶) که تأییدی بر صحت معادله‌ی ۸ استفاده‌شده در تبدیل داده‌های LST به داده‌های دمای هوا است. اختلاف LST محاسبه‌شده در بین ایستگاه‌های منطقه نشان‌دهنده‌ی قرارگیری ایستگاه‌ها در شرایط محیطی مختلف است؛ زیرا عوامل محیطی مانند ارتفاع، شیب، جهت و فاصله از دریا بر LST اثر می‌گذارند. گفتنی است که ایستگاه‌های موجود در جدول ۲ از این قضیه مستثنی نیستند.

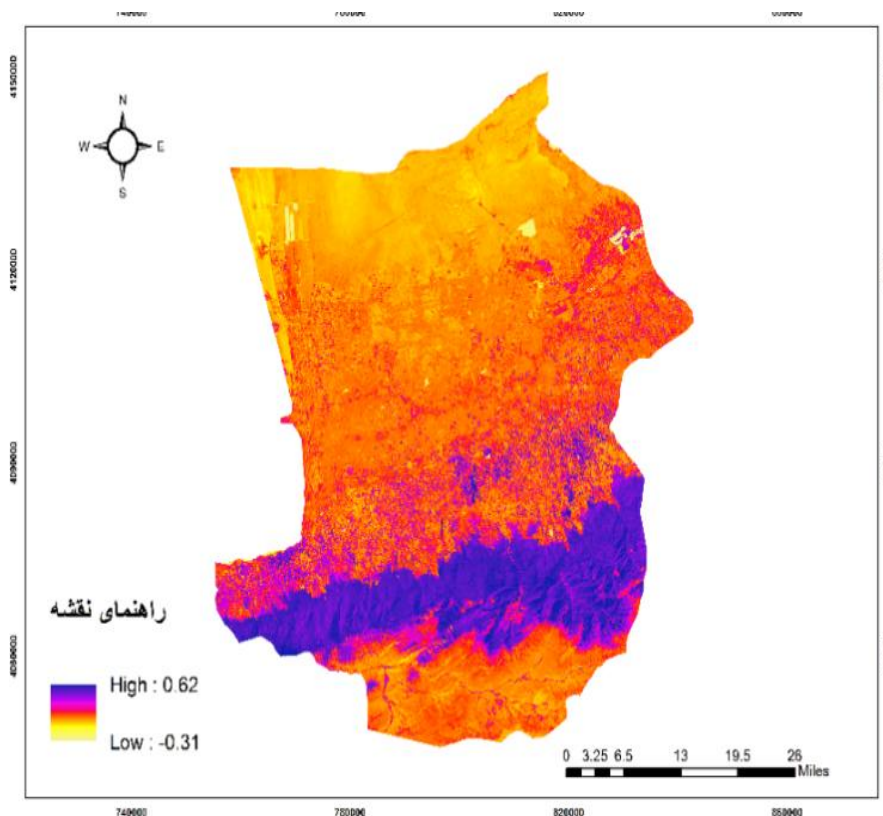
جدول ۵: ارزیابی صحت نقشه‌ی دمای سطحی با استفاده از داده‌های هواشناسی

نام ایستگاه	دمای هواشناسی	دمای سطحی	دمای محاسبه‌شده
کردکوی بالا بلوک	۱۹/۵	۳۱/۶۶	۲۸/۵۹
محوطه‌ی اداره‌ی گرگان	۲۱	۳۷/۲۱	۳۱/۰۳
نومل - سد کوثر	۱۸/۵	۲۶/۷۲	۲۶/۴۱

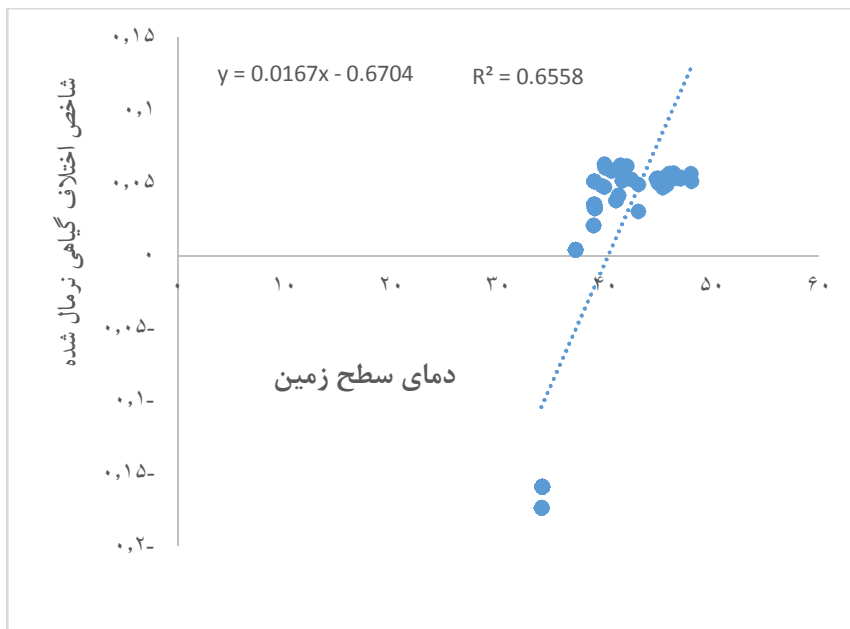
جدول ۶: مدل‌های رگرسیونی دمای سطحی و دمای هوا

R^2	مدل رگرسیونی
۰/۹۹	$Ta = /۲۳۹ \times Ts + ۱۲/۰۵۲$
۰/۹۹	$Ta = /۵۴۲۶ \times Ts + ۴/۱۰۷۲$

در ادامه، ارتباط دمای سطح زمین و شاخص NDVI را بررسی کردیم (جدول ۶). شکل ۵ نقشه‌ی NDVI منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل، شاخص NDVI به‌دست‌آمده بین $-۰/۳۱$ در منابع آبی تا $۰/۶۲$ در مناطق جنگلی متغیر است.



شکل ۵: نقشه‌ی NDVI منطقه‌ی مورد مطالعه (سال ۲۰۱۷)



شکل ۶: نمودار همبستگی بین انواع کاربری و شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده

شکل ۶ نمودار همبستگی بین دمای سطحی و شاخص NDVI را نشان می‌دهد. مطابق نتایج، میزان همبستگی بین شاخص NDVI و دمای سطحی ۰/۶۵ است. همبستگی منفی به‌دست آمده بین این شاخص و دمای سطحی نشان‌دهنده‌ی ارتباط معکوس بین این شاخص و دمای سطحی است. بنابراین، می‌توانیم استنباط کنیم که در نواحی با تراکم پوشش گیاهی بالا، مانند کاربری جنگل، میزان دمای سطحی به‌مراتب پایین‌تر از سایر کاربری‌ها است و این گویای ارتباط نوع کاربری با دمای سطحی نیز است. با توجه به Sig به‌دست آمده، این همبستگی در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی‌دار است.

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، برای بررسی رابطه‌ی بین کاربری اراضی و LST، نقشه‌ی دمای سطحی منطقه را ترسیم کردیم و دمای سطحی منطقه را بین ۱۴ تا ۵۱ درجه‌ی سانتی‌گراد تخمین زدیم. از آنجا که پارامتر ارتفاع عاملی مؤثر بر دما است، نمونه‌های موردبررسی را از نقاط هم‌ارتفاع هر کاربری انتخاب کردیم. بنابراین، تأثیر عامل ارتفاع در نتایج تحقیق خنثی شد. در مناطقی که

پوشش گیاهی متراکم‌تر است (جنگل) دمای سطحی به مراتب کمتر از سایر کاربری‌ها است. کاربری زراعت آبی نیز که تراکم بالاتری در مقایسه با مرتع داشت، دمای کمتری را نشان داد. از طرفی، اراضی بایر و لخت بالاترین دمای سطحی را داشت که با نتایج (Khosravi & et-al, 2017: 119) همخوانی دارد. بنابراین، نتیجه می‌گیریم که پوشش گیاهی عامل مهمی در دمای سطحی است و به‌ویژه در مناطق متراکم‌تر، تأثیر آن محسوس‌تر است.

۵- منابع

- Adab, H, (2009). The preparation of the Colza (Brassica Napus) suitability map using statistical analysis and GIS; case study: Sabzevar Township, Iran. a thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of M.Sc. Tarbiat Modares University. (in Persian)
- Ahmadi, B., Ghorbani, A., Safarrad, T., & Sobhani, B. (2015). Evaluation of surface temperature in relation to land use/cover using remote sensing data. *RS & GIS for Natural Resources*, 6(1), 61-77. (in Persian)
- Alavi Panah, S.K, *Thermal remote sensing and its application in the earth sciences*, University of Tehran press, 2006. Vol. 2. (in Persian)
- Advan, U., & Jovanovska, G. (2016). Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors*, 2016.
- Azimi, A., Rangzan, K., Kaboulizade, M., Khoramian, M. (2016). Estimating of evapotranspiration using remote sensing, artificial neural network and comparison with the experimental method (Penman-Monteith- FAO). *RS & GIS for Natural Resources*, 6(4), 61-75. (in Persian)
- Barsi, J. A., Schott, J. R., Hook, S. J., Raqueno, N. G., Markham, B. L., & Radocinski, R. G. (2014). Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, 6(11), 11607-11626.
- Dash, P., Göttsche, F. M., Olesen, F. S., & Fischer, H. (2002). Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: theory and practice-current trends. *International Journal of remote sensing*, 23(13), 2563-2594.



- Dontree, S. (2010, November). Relation of land surface temperature (LST) and land use/land cover (LULC) from remotely sensed data in Chiang Mai—Lamphun basin. In *SEAGA conference*.
- Faraj Zadeh, M, *Climatology Techniques*, SAMT Publisher, 2007. (in Persian)
- Feizizadeh, B., Blaschke, T., Nazmfar, H., Akbari, E., & Kohbanani, H. R. (2013). Monitoring land surface temperature relationship to land use/land cover from satellite imagery in Maraqeh County. Iran. *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(9), 1290-1315.
- Gémes, O., Tobak, Z., & Van Leeuwen, B. (2016). Satellite based analysis of surface urban heat island intensity. *Journal of environmental geography*, 9(1-2), 23-30.
- Gutman, G., & Ignatov, A. (1998). The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *International Journal of remote sensing*, 19(8), 1533-1543.
- Hakan, O. Ğ. U. Z. (2017). Automated Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Satellite Imagery: A Case Study of Kahramanmaraş-Turkey. *Environmental Sustainability and Landscape Management*, 598.
- Han-qiu, X., & Ben-qing, C. (2004). Remote sensing of the urban heat island and its changes in Xiamen City of SE China. *Journal of Environmental Sciences*, 16(2), 276-281.
- Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Plaza, A., Guanter, L., Moreno, J., & Martínez, P. (2009). Comparison between fractional vegetation cover retrievals from vegetation indices and spectral mixture analysis: Case study of PROBA/CHRIS data over an agricultural area. *Sensors*, 9(2), 768-793.
- Khosravi, U., Heidari, M.A., Tavakoli, A., Zamani, A.A. 2017. Analyzing of the Relationship Between Land Surface Temperature Temporal Changes and Spatial Pattern of Land Use changes. *The journal of spatial planning*, 21(3): 119-144. (in Persian)
- Kineer, Paul. R. & Colin, O. G, *SPSS training*, Fotouhi Ardekani, A. trans, Tehran: chortkeh press, 2001.(in Persian)

- Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., ... & Sobrino, J. A. (2013). Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives. *Remote sensing of environment*, 15(131), 14-37.
- Lu, D., & Weng, Q. (2004). Spectral mixture analysis of the urban landscape in Indianapolis with Landsat ETM+ imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70(9), 1053-1062.
- Mallick, J., Kant, Y., & Bharath, B. D. (2008). Estimation of land surface temperature over Delhi using Landsat-7 ETM+. *J. Ind. Geophys. Union*, 12(3), 131-140.
- Markham, B. L., & Barker, J. L. (1985). Spectral characterization of the Landsat Thematic Mapper sensors. *International Journal of Remote Sensing*, 6(5), 697-716.
- McMillin, L. M. (1975). Estimation of sea surface temperatures from two infrared window measurements with different absorption. *Journal of Geophysical Research*, 80(36), 5113-5117.
- Mohammady, M., Mojtaba, A., Dastorani, J. 2016. Modeling land use changes of Ramin city in the Golestan province, 19(4): 141-158. (in Persian)
- Prata, A. J., Caselles, V., Coll, C., Sobrino, J. A., & Otle, C. (1995). Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites: Current status and future prospects. *Remote Sensing Reviews*, 12(3-4), 175-224.
- Rajeshwari, A., & Mani, N. D. (2014). Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(5), 122-126.
- Report of surface and underground water analysis. 2014. Landuse planning study of Golestan Province. *Management and Planning Organization of Golestan Province*. (in Persian)
- Sasan Pour, F., Ziaieian, P., Bahadori, M. (2014). Assessment of the relationship between Land Use, Land Cover and Urban Heat Island in Tehran. *Journal of Geography (International journal of Iranian Geographical Association)*, 11(39), 256-270. (in Persian)



- Srivastava, P. K., Majumdar, T. J., & Bhattacharya, A. K. (2009). Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM+ thermal infrared data. *Advances in space research*, 43(10), 1563-1574.
- Sobrino, J. A., and N. Raissouni. (2000). Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring, Application to Morocco, *Int. J. RemoteSens*, 21(2), 353-366.
- USGS, 2013, <http://landsat.usgs.gov/Landsat8 Using Product. php>.
- Ustin, S. (2004). *Manual of remote sensing: Remote sensing for natural resource management and environmental monitoring*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Wang, F., Qin, Z., Song, C., Tu, L., Karnieli, A., & Zhao, S. (2015). An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat 8 thermal infrared sensor data. *Remote sensing*, 7(4), 4268-4289.
- Wang, N., Li, Z. L., Tang, B. H., Zeng, F., & Li, C. (2013). Retrieval of atmospheric and land surface parameters from satellite-based thermal infrared hyperspectral data using a neural network technique. *International Journal of Remote Sensing*, 34(9-10), 3485-3502.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote sensing of Environment*, 89(4), 467-483.
- Yu, X., Guo, X., & Wu, Z. (2014). Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS—Comparison between radiative transfer equation-based method, split window algorithm and single channel method. *Remote Sensing*, 6(10), 9829-9852.
- Zare khormizie, H., Hosseini, S.Z., Mokhtari, MH., & Ghafarian Malamiri, H.R. (2017). Reconstruction of MODIS NDVI Time Series using Harmonic AN alysis of Time Series algorithm (HANTS). *The journal of spatial planning*, 21 (3) :221-255. (in Persian)