

جغرافیا و روابط انسانی، زمستان ۱۳۹۸، دوره ۲، شماره ۳، پیاپی ۷
تغییرات دمای سطح شهر کرمانشاه در دوره ۱۳۹۳-۱۳۹۷

محمد ملکی^۱، زهرا احمدی^۲، رحمن دوستی^۳

۱- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه خوارزمی

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه باهنر کرمان

۳- کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه آزاد اسلامی خرم‌آباد

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۵

چکیده:

دمای سطح زمین بر اثر تغییرات ساختار محیط، کاربری، مواد تشکل دهنده سطح و... در طول زمان قابل تغییر است. آگاهی از وضعیت دما سطح کمک زیادی به برنامه‌ریزی محیطی می‌کند (شامل چگونگی مصرف انرژی، آسایش حرارتی شهروندان و...). در این تحقیق به بررسی تغییرات دمای سطح شهر کرمانشاه در فاصله بین سالهای ۱۳۹۳-۱۳۹۷ پرداخته شد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره لندست ۸ و روش الگوریتم تک کانال برای برآورد دمای سطح زمین استفاده شد. نتایج نشان داد در هر دو سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۷ بیشترین سطح شهر را ابتدا محدود دماهای ۴۵-۵۰ درجه سانتیگراد و سپس دمای ۴۰-۵۰ درجه دربر گرفته است. اما در سال ۱۳۹۷ محدوده دمایی تا حداکثر ۴۰ درجه به شدت افزایش یافته است و محدوده بقیه طبقات دمایی کاهش یافته است که بیشترین میزان کاهش مربوط به طبقه بالاتر از ۵۵ درجه سانتیگراد است. نتایج نشان دهنده استفاده هرچه بیشتر از پشت‌بام‌های انعکاسی در انتهای دوره مورد مطالعه است.

واژگان کلیدی: دمای سطح، الگوریتم تک کانال، لندست ۸، کرمانشاه، پشت‌بام‌های انعکاسی

مقدمه:

حرارت سطح زمین شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و فعل و انفعالات بین زمین و اتمسفر در مقیاس منطقه ای و جهانی است. تصاویر سنجش از دور مادون قرمز و حرارتی به دلیل پوشش وسیع، منبع اطلاعاتی مناسبی به منظور تهیه نقشه های حرارتی سطح آب و خشکی می باشند (حاجیلو و همکاران، ۱۳۹۳). دمای سطح زمین یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر در مطالعات جهانی به حساب می آید؛ که فاکتوری مهم در کنترل فرآیندهای بیولوژیکی، شیمی و فیزیکی زمین می باشد (Alavipanah et al, 2009: 288). دمای سطح زمین تابعی از انرژی خالص در سطح زمین است که به مقدار انرژی رسیده به سطح زمین، گسیلندگی سطح، رطوبت و جریان هوای اتمسفر بستگی دارد. میتوان این دما را با استفاده از تابش مادون قرمز که از سطح زمین ساطع می گردد به وسیله معادله معکوس پلانک برآورد نمود. در سنجش از دور، دمای سطح زمین را که در فضای بالای اتمسفر بوسیله سنجنده ها بدست می آید دمای روشنایی می نامند؛ که تحت تأثیر جذب و پخش اتمسفری کمتر از دمای سطح زمین می باشد (Reutter et al, 1994: 101).

استفاده از داده های سنجش از دوری می تواند به طور قابل توجهی برآورد T_{air} و الگوهای زمانی-مکانی را بهبود ببخشد. این کار، دانش فرآیندهای زیست محیطی و آب و هوایی را در مقیاس جهانی و منطقه ای افزایش می دهد. در مناطقی از جهان که تراکم ایستگاههای هواشناسی کم و فاصله آنها از یکدیگر زیاد است، یا داده ها در دسترس نیستند و یا دسترسی به داده های هواشناسی هزینه بر دار است، سنجش از دور می تواند به عنوان یک منبع مهم اطلاعات با ارزش مورد استفاده قرار گیرد. در زمانی طولانی تر، این داده ها می توانند نیاز به اندازه گیری ها در سطح سایت را در آینده کاهش دهند (Czajkowski et al, 2000:347).

امروزه مهمترین مشکل در مناطق شهری، افزایش درجه حرارت سطح زمین به دلیل دگرگونی های به وجود آمده در سطوح طبیعی است، که در اثر آن پوشش گیاهی طبیعی حذف شده و با سطوح غیرقابل نفوذ، از جمله سنگ، آسفالت، سیمان و ... جایگزین شده است (ملک پور و طالعی، ۱۳۹۰: ۲۹). نابودی اراضی کشاورزی و تبدیل آنها به استفاده های شهری در اثر رشد و گسترش سریع شهرها امری فراگیر و تقریباً اجتناب ناپذیر شده است. این تغییرات دارای پیامدهای ناخوشایندی برای محیط زیست، مانند کاهش پوشش گیاهی و افزایش دمای محیط به بار می آورد (اسمعیل پور و عزیز پور، ۱۳۸۸: ۳۸).

اقلیم شهری به شدت تحت تأثیر فرایندهای ناشی از کار و زندگی شهری قرار دارد. گسترش شهرها و به دنبال آن افزایش ساخت و سازهای انسانی باعث به وجود آمدن تغییراتی در اقلیم شهری شده است. افزایش درجه حرارت شهرها نسبت به اطراف یکی از اثراتی است که به دخالت مستقیم انسانها مرتبط است. گرمایش ساختمانها، آلودگی هوا و استفاده از مصالح نامناسب در کف‌سازی خیابانها و کوچه‌ها (مانند آسفالت خیابانها به واسطه رنگ تیره در جذب انرژی) از عوامل تأثیرگذار بر پدیده جزایر حرارتی شهری به حساب می‌آید. این اثر شرایط نامطلوبی را برای شهروندان باعث می‌شود. توجه به سطوح شهری شامل سطوح پیاده و سواره و بامها در کاهش این اثر، بزرگترین نقش را دارد (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۶).

منطقه مورد مطالعه:

شهرستان کرمانشاه با وسعت تقریبی ۵۷۵۹ کیلومتر مربع (تقریباً ۲۳/۱ درصد از مساحت استان کرمانشاه) از نظر موقعیت جغرافیایی بین عرض‌های جغرافیایی ۳۴ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی در قسمت میانی استان کرمانشاه واقع شده است. شهر کرمانشاه مرکز این شهرستان و مهم‌ترین شهر در منطقه مرکزی غرب ایران است. شهر کرمانشاه بین عرض‌های جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع شهر از سطح دریا ۱۳۲۲ و مساحت آن بالغ بر حدود ۸۸ کیلومتر مربع است. جمعیت این شهر در آبان ماه سال ۱۳۹۰ برابر با ۸۵۱،۴۰۵ نفر بوده است. طی دوره ۵۰ ساله ۱۳۳۵ تا ۱۳۹۰ جمعیت ساکن شهر حدود ۶ برابر شده است که با ۸۲/۱ درصد از جمعیت شهرنشین استان، بیشترین جمعیت شهری استان را در خود جای داده است (ناصریه، ۱۳۹۵). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی شهر کرمانشاه را نشان می‌دهد.



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی شهر کرمانشاه

روش‌شناسی:

در این تحقیق برای بررسی تغییرات مرزهای دمای سطح در دوره ۶ ساله ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۷ از تصاویر لندست ۸ استفاده شد. برای این کار تصاویر در تاریخ ۳۱ تیرماه ۱۳۹۳ و ۲۶ تیرماه ۱۳۹۷ مورد پردازش گرفت. برای این کار پس از تصحیح هندسی برای تهیه نقشه دمای سطح مراحل زیر انجام گرفت.

۱. تبدیل DN به رادیانس طیفی: . برای تبدیل DN به تابش در سنجنده لندست ۸ از رابطه ۱ استفاده می‌شود.

$$(1) \quad L = M L \times Q_{CAL} + A L$$

L رادیانس طیفی در بالای اتمسفر در سنجنده $[W/(m^2 sr \mu m)]$ ، $M L$ فاکتور تبدیل ضربی، Q_{CAL} مقادیر پیکسل محصول استاندارد کوانتیزه شده و کالیبره شده (DN) ، AL ضریب تبدیل جمعی می‌باشد.

۲. به دست آوردن ضریب انعکاس: بازتابش برای لندست ۸ سنجنده (OLI) از رابطه ۲ تعیین گردید (زاتر، ۲۰۱۶: ۶۸).

(۲)

$$\rho = M \times Q_{CAL} + A$$

که در آن، ρ بازتاب سیاره‌ای، M فاکتور تبدیل ضربی (0.00002) ، Q_{CAL} مقادیر پیکسل محصول استاندارد کوانتیزه شده و کالیبره شده (DN) ، A ضریب تبدیل جمعی (0.1) می‌باشد.

۳- به دست آوردن دمای درخشندگی: در این تحقیق دمای درخشندگی با استفاده از ضرایب کالیبراسیون سنجنده از رابطه ۳ محاسبه می‌شود (چاندر و همکاران، ۲۰۰۹: ۹۰۰).

$$(3) T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

که در آن T دمای درخشندگی در سطح سنجنده برحسب کلونین (K) ، $L\lambda$ تابش طیفی در بالای اتمسفر در سنجنده $[W/(m^2 sr \mu m)]$ ، $K2$ ضریب کالیبراسیون برحسب کلونین، $K1$ ضریب کالیبراسیون برحسب $[W/(m^2 sr \mu m)]$ است. برای لندست $OLI/TIRS$ ، $K2$ ضریب کالیبراسیون برحسب کلونین $(777/89)$ برای باند ۱۰ و $480/89$ برای باند ۱۱ و $K1$ ضریب کالیبراسیون برحسب $[W/(m^2 Sr \mu m)]$ $(1321/0.8)$ برای باند ۱۰ و $1201/14$ برای باند ۱۱.

۴. محاسبه توان تشعشعی سطح زمین (*LSE*)

LSE با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده در باندهای مرئی و مادون‌قرمز نزدیک سنجنده‌های لندست (برآورد بازتاب و یا شاخص‌های پوشش گیاهی (*NDVI*)) با توجه به کسری پوشش گیاهی (*FVC*)^۱ از روش پیشنهادی (سوبرینو و جیمز-مونز^۲، ۲۰۰۸: ۳۱۶) به‌دست می‌آید. بنابراین ما ابتدا باید شاخص *NDVI* و سپس کسری پوشش گیاهی (*FVC*) و در نهایت *LSE* را محاسبه کنیم.

۵. محاسبه شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی (*NDVI*)

شاخص *NDVI* بر پایه ارتباط جذب انرژی در محدوده طیفی قرمز توسط کلروفیل و افزایش انعکاس در انرژی مادون‌قرمز نزدیک برای پوشش گیاهی سالم استوار است و از رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (4)$$

که در آن، *PNIR* بازتاب باند مادون قرمز نزدیک و *PRE* بازتاب باند قرمز است.

۶. محاسبه کسر پوشش گیاهی (*FVC*)

برای به‌دست آوردن کسر پوشش گیاهی، تصاویر *NDVI* به‌صورت خطی بین خاک خشک (*NDVImin*) و پوشش گیاهی متراکم (*NDVImax*) با استفاده از رابطه ۸ قرار می‌گیرد. این عملیات خطی می‌تواند خطای رخ داده در عملیات کالیبراسیون و تصحیح اتمسفری را کاهش دهد (امیری و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۶۰۹).

$$FVC = \left[\frac{NDVI - NDV I_{min}}{NDV I_{max} - NDV I_{min}} \right]^2 \quad (5)$$

که در آن *NDVImin* مربوط به کمترین مقدار *NDVI* (خاک خشک) و *NDVImax* مربوط به بیشترین مقدار *NDVI* (پوشش گیاهی متراکم) می‌باشد.

۷. محاسبه توان تشعشعی سطح زمین

با محاسبه کسری پوشش گیاهی (*FVC*) توان تشعشعی از رابطه (۶) محاسبه می‌شود (سوبرینو و همکاران، ۲۰۰۸: ۳۱۸).

(۶)

¹ - Fraction of Vegetation Cover

² - Sobrino and Jiménez-Muñoz

$$\begin{aligned}
 &= a + b_{red} \quad (FVC = 0) & \xrightarrow{TIRS 1} &= 0.979 - 0.046r_{OLI-B 4} \\
 & & \xrightarrow{TIRS 2} &= 0.982 - 0.027r_{OLI-B 4} \\
 &= s(1 - FVC) + v FVC \quad (0 < FVC < 1) & \xrightarrow{TIRS 1} &= 0.971(1 - FVC) + 0.987FVC \\
 & & \xrightarrow{TIRS 2} &= 0.977(1 - FVC) + 0.989FVC \\
 &= 0.99 \quad (FVC = 1)
 \end{aligned}$$

P_{red} بازتاب در باند قرمز سنجنده OLI (باند ۴)، a و b ضرایب همبستگی خطی بازتاب باند قرمز با توان تشعشعی، ϵ_s توان تشعشعی خاک و ϵ_v توان تشعشعی پوشش گیاهی است.

۸- به دست آوردن LST به روش تک کانال (SC)

الگوریتم SC مورد استفاده برای بازیابی LST از تصاویر حرارتی ماهواره لندست در این تحقیق الگوریتم توسط جیمز-مونز و همکاران (۲۰۱۴: ۱۸۴۰) توسعه یافته بر روی لندست ۸ اعمال شده است. این الگوریتم برای همه لندست به یک شکل و با رابطه ۷ اعمال می شود.

(۷)

$$T_s = \left[\frac{1}{b} (L_{sen} + 2) + 3 \right] +$$

که در این، T_s دمای سطح زمین، ϵ توان تشعشعی سطح زمین و L_{sen} رادیانس در سطح سنجنده، است. پارامترهای γ و δ از رابطه ۸ به دست می آیند.

(۸)

$$\approx \frac{T_{sen}^2}{b L_{sen}}; \quad \approx T_{sen} - \frac{T_{sen}^2}{b}$$

که در این، T_{sen} دمای درخشندگی سطح سنجنده، b (۱۳۲۴ برای لندست ۸) و Ψ_1 ، Ψ_2 و Ψ_3 توابع اتمسفری هستند که با توجه به رابطه ۹ برای لندست ۸ به دست می آیند.

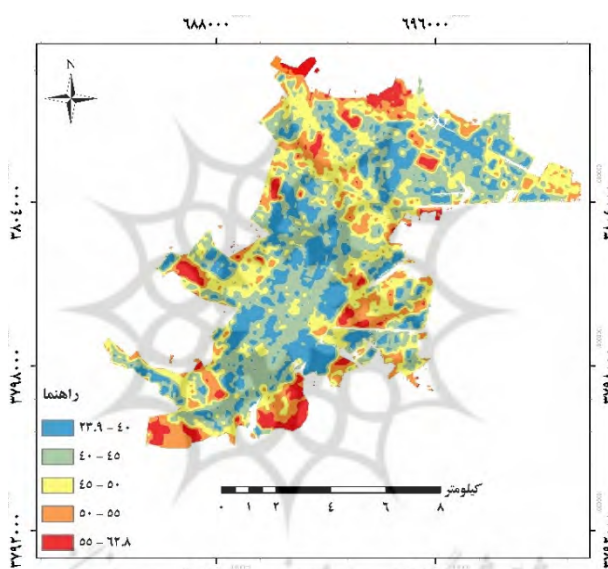
(۹)

$$\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.04019 & 0.02916 & 1.01523 \\ -0.38333 & -1.50294 & 0.20324 \\ 0.00918 & 1.36072 & -0.27514 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W^2 \\ W \\ 1 \end{bmatrix}$$

در نهایت پس از تهیه دمای سطح شهر کرمانشاه، به بررسی تغییرات مرز دمای سطح کرمانشاه پرداخته شد.

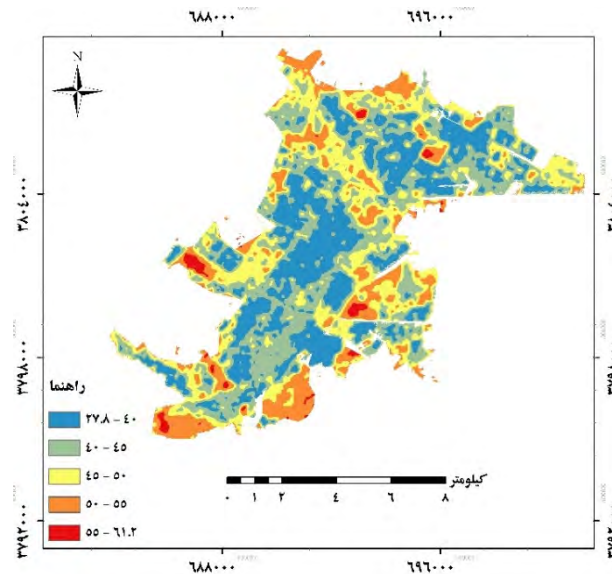
نتایج:

در این مرحله ابتدا نقشه دمای‌های سطح استخراج شده از تصاویر را ارائه می‌دهیم، سپس نتایج تغییرات دمای سطح در شهر کرمانشاه ارائه گردید. شکل ۲ نشان دهنده دمای سطح زمین در تاریخ ۳۱ تیرماه ۱۳۹۳ است. با توجه به نقشه شکل نقشه ۲، برعکس آنچه که تصور می‌شود که در مراکز شهرها دما بالاتر از حاشیه شهر است، اما این مورد در خصوص شهر کرمانشاه صدق نمی‌کند و غالباً در مرکز شهر دمای پایین‌تر از حاشیه‌های شهر ثبت شده است. پایین‌ترین دمای ثبت شده در شهر در این روز ۲۳٫۹ درجه سانتیگراد و بالاترین دمای ثبت شده ۶۲٫۸ درجه سانتیگراد است که اختلاف دمایی در حدود ۳۹ درجه سانتیگراد در سطح شهر وجود دارد که بسیار زیاد است.



شکل (۲) دمای سطح کرمانشاه در تاریخ ۳۱ تیر ۱۳۹۳

شکل ۳ نقشه دمای سطح زمین در تاریخ ۲۹ تیرماه ۱۳۹۶ را نشان می‌دهد. براساس این شکل نیز کماکان پهنه‌های مرکزی شهر خنک‌تر و حاشیه‌های شهر گرم‌تر هستند. با توجه به این نقشه، پایین‌ترین دمای سطح شهر ۲۷٫۸ درجه است و بالاترین دمای سطح شهر ۶۱٫۲ درجه است. در خصوص تفاوت دمایی سطح شهر در مقایسه دو نقشه ارائه شده چند نکته قابل ذکر است. اول اینکه تفاوت بالاترین و پایین‌ترین دمای ثبت شده در شهر در سطح شهر کرمانشاه در سال ۱۳۹۶ کاهش یافته است. دوم اینکه پایین‌ترین دمای ثبت شده در سطح افزایش یافته است اما بالاترین دما نسبت به سال ۱۳۹۳ کاهش یافته است. در نهایت کاهش محسوس طبقه دمایی بالاترین دمای ثبت شده در سال ۱۳۹۶ است.



شکل (۳): دمای سطح شهر کرمانشاه در ۲۶ تیر ۱۳۹۶

در جدول ۱ میزان مساحت طبقات دمایی در تاریخ ۳۱ تیرماه ۱۳۹۳ را نشان می‌دهد. براساس جدول ۱ بیشترین پهنه دارای دمای بین ۴۵-۵۰ و سپس ۴۰-۴۵ درجه است و کمترین پهنه نیز مربوط به دماهای بالاتر از ۵۵ درجه سانتیگراد است.

جدول (۱): مساحت طبقات دمایی شهر کرمانشاه در ۳۱ تیر ۱۳۹۳

۵۵-۶۲٫۸	۵۰-۵۵	۴۵-۵۰	۴۰-۴۵	۲۳٫۹-۴۰	طبقات دمایی
۵۳۸٫۳	۱۳۶۱٫۱	۲۳۹۷٫۳	۲۳۷۶٫۳	۱۸۵۸٫۶	مساحت (هکتار)

در جدول ۲ میزان مساحت طبقات دمایی در تاریخ ۲۶ تیرماه ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد. براساس جدول ۲ بیشترین پهنه شهر دارای دمای بین ۴۵-۵۰ و سپس ۴۰-۴۵ درجه است و کمترین پهنه نیز مربوط به دماهای بالاتر از ۵۵ درجه سانتیگراد است.

جدول (۲): مساحت طبقات دمایی شهر کرمانشاه در ۲۶ تیر ۱۳۹۷

۵۵-۶۱٫۳	۵۰-۵۵	۴۵-۵۰	۴۰-۴۵	۲۷٫۸-۴۰	طبقات دمایی
۱۲۴٫۴	۱۳۲۱٫۸	۲۳۶۸	۳۱۴۳٫۸	۲۵۷۳٫۳	مساحت

با مقایسه دو جدول که خلاصه آماری دمای سطح در دو تصویر است، متوجه می‌شویم که مساحت پایین‌ترین طبقه دمای به شدت افزایش پیدا کرده است، در مقابل این مسئله مساحت همه طبقات کاهش پیدا کرده است که بیشترین میزان کاهش را دماهای بالاتر از ۵۵ درجه داشتند که به حدود یک چهارم مساحت سال ۱۳۹۳ رسیده است.

نتیجه‌گیری:

تغییر در مصالح ساختمانی (از کاه‌گلی به بتنی)، ساخت و ساز، تغییر در کاربری زمین و... باعث تغییرات مرزهای دمای سطح زمین می‌شود. تغییرات دما در سطح شهر مسائل مختلفی را بوجود می‌آورد که ابتدایی‌ترین اثر آن تغییر در آسایش حرارتی ساکنین است. بر طبق مطالعه انجام گرفته عکس آنچه که قابل انتظار بود (در اغلب شهرها که مرکز شهر بالاترین دما را داشته باشد و حاشیه‌ها خنک‌تر باشد) در شهر کرمانشاه مرکز شهر خنک و حاشیه شهر گرم‌تر است. علت اینکه در حاشیه شهر دمای بالاتری ثبت شده است به خاطر این است که زمین‌های ساخته نشده در حاشیه شهر وجود دارد و به دلیل آن‌که خاک نسبتاً زودتر گرم می‌شود، دمای بیشتری را ثبت کرده است، خنک‌تر شدن حاشیه‌های شهر در سال ۱۳۹۷ گواه این مدعا است. بر طبق مطالعات هاشمی و همکاران (۱۳۹۴) شهر کرمانشاه پشت‌بام‌های انعکاسی در کاهش اثرات جزیره حرارتی شهر کرمانشاه نقش داشته است. طبق نتایج این مطالعه، پشت‌بام‌های انعکاسی در شهر کرمانشاه در دوره ۱۳۹۳-۱۳۹۷ به شدت افزایش یافته است.

منابع:

- اسمعیل‌پور، نجما و ملکه عزیزپور (۱۳۸۸) تغییر کاربری اراضی کشاورزی و افزایش نسبی دمای شهر یزد ناشی از رشد سریع آن، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال ۷، شماره ۱۲، صص ۵۴-۳۷.
- حاجیلو، مرضیه، المدرسی، سیدعلی، زرنگ، نسیم، سرکارگردکانی، علی (۱۳۹۳) پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای $ETM+$ و OLI سطح با استفاده از تصویر سنجنده (مطالعه موردی: استان قم). نخستین همایش کاربرد مدل‌های پیشرفته فضایی در آمایش سرزمین، یزد.

علیجانی، بهلول، طولابی نژاد، میثم، صیادی، فریبا (۱۳۹۶) محاسبه شدت جزیره حرارتی بر اساس هندسه شهری مورد مطالعه: محله کوچه باغ شهر تبریز، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ۳، صص ۹۹-۱۱۲.

ملکپور، پیمان و محمد طالعی (۱۳۹۰) مدل سازی ارتباط کاربری- پوشش اراضی و حرارت سطح زمین، با استفاده از داده های سنجنده *ASTER*، محیط شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۵۸، صص ۴۲-۲۹.

ناصریه، مهتاب (۱۳۹۵) بررسی تغییرات زمانی- مکانی جزیره حرارتی شهر کرمانشاه و ارتباط آن با آلودگی هوا با استفاده از تصاویر ماهواره ای، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه جغرافیا، دانشگاه رازی.

هاشمی دره بادامی، سیروس، خزایی، علی، علوی پناه، سید کاظم (۱۳۹۴) بررسی تاثیر بام های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی شهر کرمانشاه)، مطالعات- و پژوهش های شهری- منطقه ای- سال هفتم- تابستان- ۱۳۹۴، صص ۱-۱۸.

Alavipanah, S. K., KOMAKI, C. B., KARIMPOUR, R. M., Sarajian, M., SAVAGHEBI, F. G. R., & Moghimi, E. (2007). Land surface temperature in the Yardang region of Lut Desert (Iran) based on field measurements and Landsat thermal data.

Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. Remote sensing of environment, 113(5), 893-903.

Czajkowski, K. P., Goward, S. N., Stadler, S. J., & Walz, A. (2000). Thermal remote sensing of near surface environmental variables: application over the Oklahoma Mesonet. The Professional Geographer, 52(2), 345-357.

Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Skoković, D., Mattar, C., & Cristóbal, J. (2014). Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. IEEE Geoscience and remote sensing letters, 11(10), 1840-1843.

Reutter, H., Olesen, F. S., & Fischer, H. (1994). Distribution of the brightness temperature of land surfaces determined from AVHRR data. REMOTE SENSING, 15(1), 95-104.

Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., Sòria, G., Romaguera, M., Guanter, L., Moreno, J., & Martínez, P. (2008). Land surface emissivity retrieval from different VNIR and TIR sensors. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 46(2), 316-327.

Zanter, K. (2016). Landsat 8 (L8) data user's handbook. Landsat Science Official Website.

