

## بیلان تابش و کاربری اراضی شهری (نمونه موردی: شهر کرمانشاه)

دریافت مقاله: ۹۷/۱/۱۹ پذیرش نهایی: ۹۷/۵/۲۸

صفحات: ۲۳۱-۲۱۷

طاهر صفر راد: استادیار گروه اقلیم شناسی دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران!

Email: t.safarrad@umz.ac.ir

مهران منصوری نیا: کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران.

Email: mansourinia1991@gmail.com

هیرش انتظامی: دانشجوی دکتری مخاطرات اقلیمی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

Email: hentezami@ut.ac.ir

### چکیده

رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی یکی از عوامل اصلی تغییر در کاربری‌های شهری است، متعاقب این پدیده تغییر مولفه‌های بیلان تابش در آن منطقه مورد انتظار خواهد بود. پژوهش پیش رو، سعی دارد با محاسبه تابش خالص و واکاوی آن با کاربری‌های مختلف شهری، به توصیف و تحلیل نقش کاربری‌های شهری در بیلان تابش بپردازد. بدین منظور از تصویر ماهواره‌ی لندست ۸ در سال ۲۰۱۶ کمک گرفته شد. ویژگی‌های شار تابش شامل، شار تابش خالص ( $R_N$ )، آلبیدو سطح زمین ( $\alpha$ )، طول موج بلند ورودی ( $R_{L\downarrow}$ )، طول موج کوتاه ورودی ( $R_{S\downarrow}$ )، تابش طول موج بلند خروجی ( $R_{L\uparrow}$ ) و درجه حرارت سطح زمین با بهره‌گیری از الگوریتم سبال محاسبه شدند. مقادیر این مولفه‌ها در کاربری‌های مختلف (مسکونی فشرده، مسکونی پراکنده، فضای سبز و زمین‌های بایر) از طریق آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (آنوآ) و آزمون تعقیبی توکی تحلیل و بررسی شدند. نتایج پژوهش نشان داد که کاربری‌های انتخاب شده دارای تفاوت معنادار در مقدار شار تابش هستند چنانچه زمین‌های بایر حدود ۶ درجه از زمین‌های مسکونی و ساخته شده گرم‌تر هستند و زمین‌های مسکونی نیز حدود ۱/۵ درجه گرم‌تر از فضای سبز هستند، نتایج پژوهش نشان داد، تفاوت‌های یاد شده بخاطر تغییر در مقادیر انرژی خروجی ( $R_{L\uparrow}$  و  $\alpha$ ) ایجاد شده‌اند و هرگونه تغییر کاربری در طول زمان نهایتاً منجر به تغییر بیلان تابش و درجه حرارت آن مکان‌ها خواهد شد که این افزایش دما، متفاوت از افزایش دمای ناشی از گرمایش جهانی است.

کلید واژگان: بیلان تابش، تابش خالص، کاربری شهری، الگوریتم سیال، کرمانشاه.

## مقدمه

توسعه شهرنشینی و مهاجرت روستائیان به شهرها جهت استفاده از مزایای تمدن به ویژه در نیمه دوم قرن بیستم سبب توسعه بیش از اندازه شهرها شد (علیجانی، ۱۳۸۹: ۵۴۱) در نیم قرن گذشته، فعالیت‌های انسانی از طریق جنگل‌زدایی و توسعه شهرها تغییرات چشمگیری را بر زمین اعمال کرده است. در مناطق شهری، مشکلات زیست‌محیطی فراوانی از جمله کاهش فضای سبز به دلیل تغییرات سریع پوشش زمین رخ داده است (امیری و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۶۰۷). جمعیت شهری ایران طی ۹۰ سال گذشته حدود ۲۶ برابر افزایش یافته که متعاقب آن تغییرات زیادی در شهرها رخ داده است. فعالیت‌های انسانی افزایش یافته و متناسب با آن نحوه استفاده از زمین‌های شهری نیز دستخوش تغییرات چشمگیری شده است. توسعه مناطق شهری موجب تغییر در چشم‌انداز، ساختمان‌ها، جاده‌ها و دیگر زیرساخت‌ها می‌گردد، از طرف دیگر، جایگزین شدن پوشش طبیعی زمین با سنگ‌فرش، بتن، آسفالت و دیگر ساخت‌وسازهای شهری، اثر خنک‌کنندگی سطوح طبیعی را از بین خواهد برد (لیو و ژانگ<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱: ۱۵۳۷). تحقیقات نشان می‌دهد که مکان‌های شهری، گرم‌تر از نواحی مجاورشان هستند و یکی از نگرانی‌های قابل توجه در ارتباط با شهرها، افزایش مداوم درجه حرارت آن‌ها است که تحت عنوان جزیره حرارتی شهر از آن یاد می‌شود (دباغیان امیری، ۱۳۹۱، چندر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۹، روزه و دیوآداس<sup>۳</sup>، ۲۰۰۹ و لیو و ژانگ، ۲۰۱۱). از طریق مطالعه رابطه بین الگوهای کاربری با پراکنش الگوهای حرارتی می‌توان برنامه‌هایی را برای تغییر و جابه‌جایی این کاربریها جهت بهبود شرایط زیست محیطی ارائه داد (مزیدی و نارنگی فرد، ۱۳۹۵: ۱۳۲). آگاهی از ویژگی‌های دمای سطح زمین<sup>۴</sup> به عنوان اطلاعات پایه و اساسی در طیف وسیعی از مسائل مرتبط با تعاملات انسان و محیط مورد توجه قرار گرفته است (مالیک<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۳۱). تغییرات پوشش زمین، به هم خوردن توازن شار انرژی ورودی و خروجی زمین را در پی خواهد داشت (روشنی و همکاران، ۱۳۹۳). تفاضل شار ورودی از شار خروجی همان شار تابش خالص است که مقدار آن در روز مثبت و طی شب منفی می‌باشد (بیشت<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۵ و فرهادی، ۲۰۱۲). شار تابش خالص در موضوعات پایش اقلیم، پیش‌بینی هوا و هواشناسی کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است چنانچه شناسایی نواحی دارای انرژی خورشیدی در دسترس برای تولید نیروی برق و ارزیابی اثر ابرناکی و پارامتر سازی تابش جهت استفاده در مدل‌های وضع هوا و اقلیم با استفاده از اطلاعات شار تابش خالص عملی خواهد شد (جاکوب<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۰: ۵۳) (ما<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۲: ۲۹۶۹).

تابش خالص خورشیدی بنیادی‌ترین نیروی محرکه برای تبخیر و تعرق و تمامی کنش و واکنشها مابین زمین و اتمسفر می‌باشد. این برهم کنش‌ها به گونه‌ای معنی‌دار بر اقلیم و دگرگونی آن اثر می‌گذارد. از این رو، برآورد

1 Liu and Zhang

2 Chander

3 Rose and Devadas

4 LST

5 Mallick

6 Bisht

7 Jacob

8 Ma

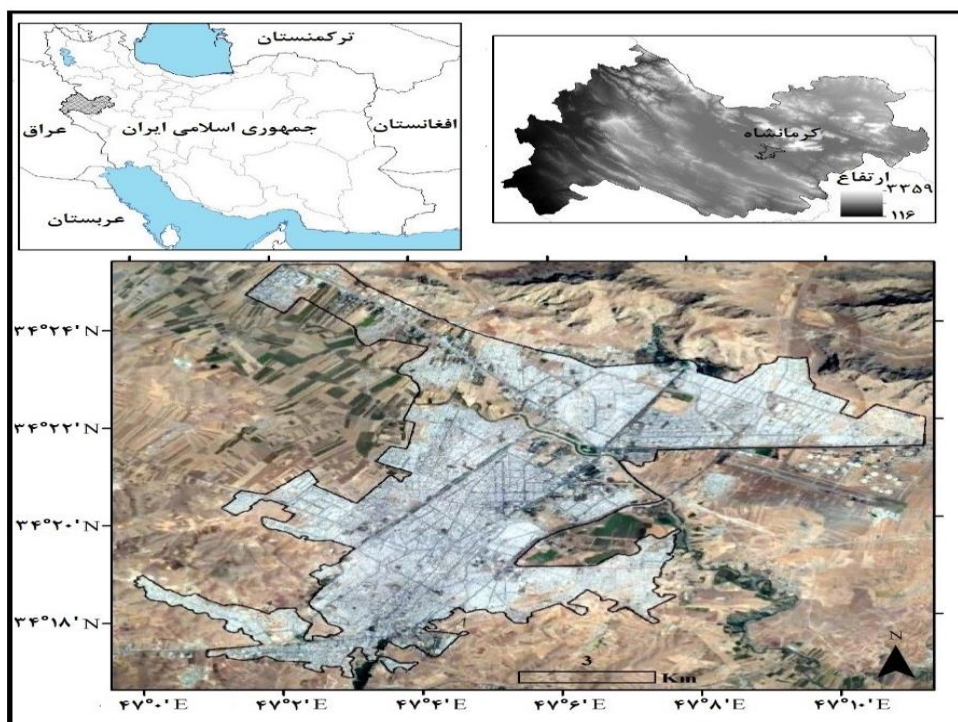
ریزبینانه انرژی خالص در مقیاس گسترده از نظر مدل‌های اقلیمی جهانی و منطقه‌ای حائز اهمیت است (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹۶:۲). برآورد شار تابش خالص از طریق تصاویر ماهواره‌ای، نسبت به درون‌یابی داده‌های - اندازه‌گیری شده به‌وسیله تشعشع سنج‌ها از دقت بسیار مناسبی برخوردار است (پرز<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۷:۹۵، کریمی و همکاران ۱۳۹۱ و امینی بازبانی و همکاران، ۱۳۹۳). تغییرات عمده پوشش زمین در شهرها تغییرات شار تابش خالص را در پی خواهد داشت. جیانگ<sup>۲</sup> و تیان<sup>۳</sup> (۲۰۱۰) با بررسی تغییرات کاربری اراضی و اثر آن بر درجه حرارت شهر پکن با استفاده از تصاویر لندست، نشان دادند که تغییر فضاهای سبز و کشاورزی به ساخت و سازهای شهری از عوامل اصلی افزایش درجه حرارت سطح شهر است. پال<sup>۴</sup> و زائول<sup>۵</sup> (۲۰۱۷) ارتباط بین کاربری اراضی شهری و درجه حرارت در شهر مالدا (شمال غرب هند) را با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره ای مورد مطالعه قرار دادند، نتایج پژوهش آنها اختلاف معنادار درجه حرارت شهر در کاربری‌های مختلف سطح شهر را نشان داد از طرف دیگر آنها بیان کردند که هرگونه تغییر در کاربری‌های کشاورزی، پهنه‌های آبی و زمین‌های بایر به اراضی ساخته شده شهری منجر به افزایش ۱/۵ تا ۲ درجه ای دما در آن مناطق خواهد شد. موسوی بایگی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست نشان دادند که تابش سطحی مشهد در سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۲ همزمان با کاهش پوشش‌های گیاهی، افزایش یافته و این افزایش در مناطق مسکونی چشم‌گیرتر بوده است. هاشمی دره آبادی و همکاران (۱۳۹۴) با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای لندست بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ نشان دادند که همزمان با کاهش چشمگیر پوشش گیاهی شهر همدان در دوره مذکور دمای سطح زمین افزایش محسوس داشته است. خسروی و قبادی (۱۳۹۲) به تبیین جایگاه بام سبز در تعدیل جزیره حرارتی شهر در شهر کرج پرداخته‌اند و نشان دادند استفاده از فناوری بام سبز در کلان‌شهرهای ایران به بهبود و پایداری کیفیت محیط‌های شهری منجر خواهد شد.

رشد و توسعه فیزیکی شهر کرمانشاه ناشی از شرایط به وجود آمده پس از انقلاب اسلامی است که موجب مهاجرت مردم از شهرهای مرزی استان به این شهر گردیده است. در جریان این توسعه فیزیکی بیش از ۱۰ هزار هکتار از زمین‌های کشاورزی و باغ، تخریب و تبدیل به زیرساخت‌های شهری شده‌اند. در این راستا، مجموعه عوامل انسانی از یک طرف و عوامل طبیعی از طرف دیگر باعث شده که پوشش سطح زمین و به تبع آن ویژگی‌های شار تابش در شهر کرمانشاه دستخوش تغییرات زیادی گردد. پژوهش پیش رو سعی دارد ویژگی‌های تابش در کاربری‌های مختلف شهر کرمانشاه را بررسی و مورد مطالعه قرار دهد تا بتواند دورنمای نسبتاً جامعی از تغییرات کاربری و تغییرات شار تابش در شهرها را ارائه دهد.

1 Perez  
2 Jiang  
3 Tian  
4 Pal  
5 Ziaul

## روش تحقیق

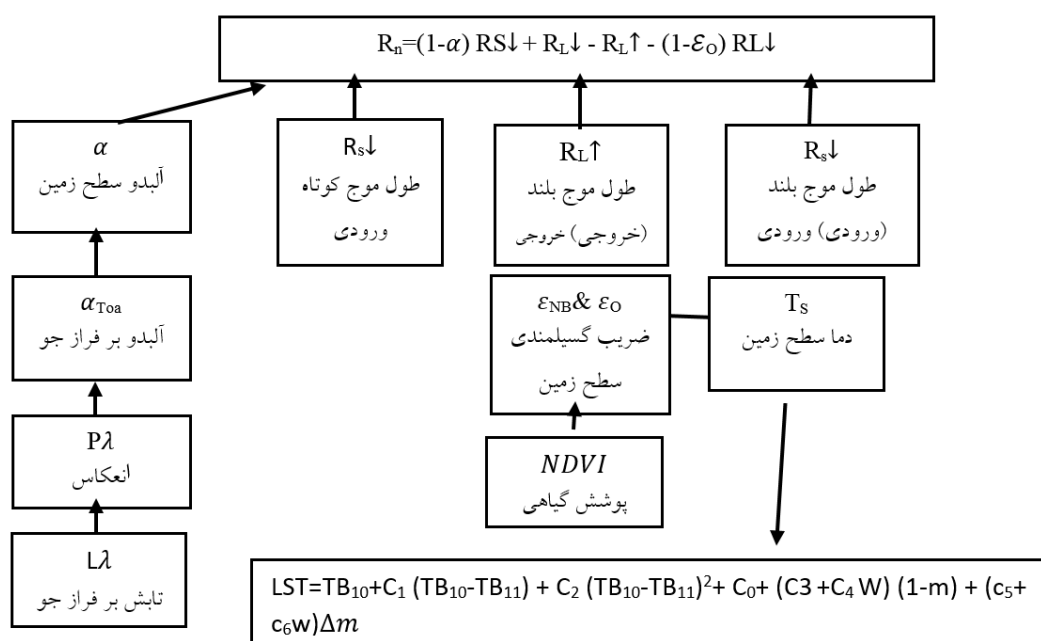
در تحقیق پیش رو، شهر کرمانشاه، یکی از کلان‌شهرهای ایران که طی دهه‌های گذشته توسعه فیزیکی سریعی را تجربه کرده است انتخاب شده است. (ثروتی و همکاران، ۱۳: ۱۳۹۰). علت توسعه سریع کرمانشاه را اعمال سیاست‌های انقباضی جمعیت و پیامدهای مهاجرتی جنگ تحمیلی می‌دانند که به سبب آن، بیشترین پیش‌روی و توسعه فیزیکی به طرف رودخانه‌ی قره‌سو و به طرف ارتفاعات پرآو و با محدودیت ارتفاعات، توسعه به صورت شرقی- غربی پیدا کرده است. موقعیت ریاضی شهر کرمانشاه در شکل (۱) نشان داده شده است. تصویر ماهواره لندست ۸، سنجنده های OLI-Tirs برای ۲۵-۶-۲۰۱۶ با مشخصات WRSpath-167، WRSrow-37 جهت برآورد مولفه های شار تابش خالص از وبسایت سازمان زمین شناسی آمریکا<sup>۱</sup> دانلود شد. شار تابش خالص از طریق مدل توازن انرژی سطح (سبال<sup>۲</sup>) محاسبه شده است که فرایند انجام آن در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۱). موقعیت منطقه مورد مطالعه

1 earthexplorer.usgs.gov

2 - Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL)



شکل (۲). فرایند محاسبه شار تابش خالص براساس مدل توازن انرژی سطح (سبال). منبع: آلن، ۲۰۰۲: ۱۵.

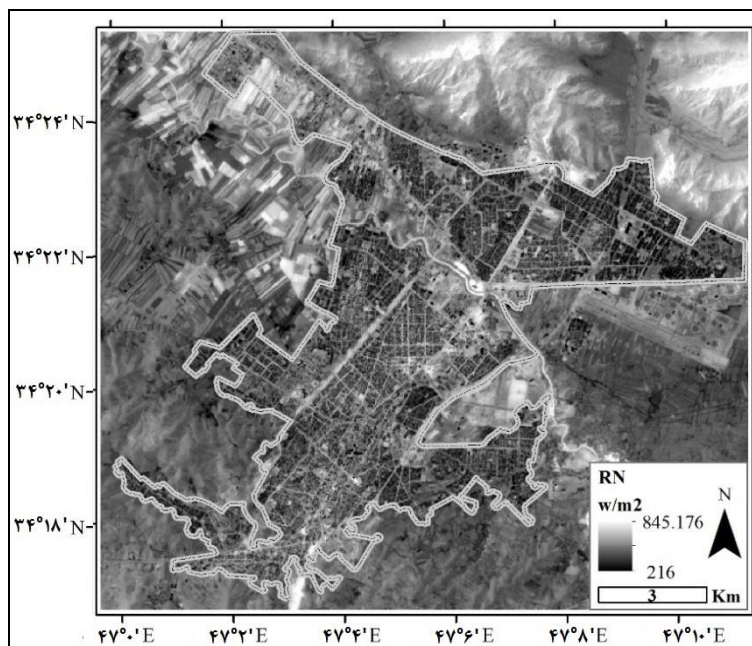
برای آگاهی از جزئیات بیشتر و نحوه محاسبه مولفه های شار تابش خالص به مقاله آلن و همکاران (۲۰۰۲) مراجعه گردد. پس از محاسبه ویژگی های شار تابش (شار تابش خالص (RN)، آلبیدو سطح زمین (α)، طول موج بلند ورودی (RL↓)، طول موج کوتاه ورودی (RS↓) و تابش طول موج بلند خروجی (RL↑)، وجود تفاوت ویژگی های شار تابش در کاربری های مختلف از آزمون های تحلیل واریانس یک طرفه (آنوا) <sup>۱</sup> و تعقیبی Tukey<sup>۲</sup> استفاده شده است.

### نتایج

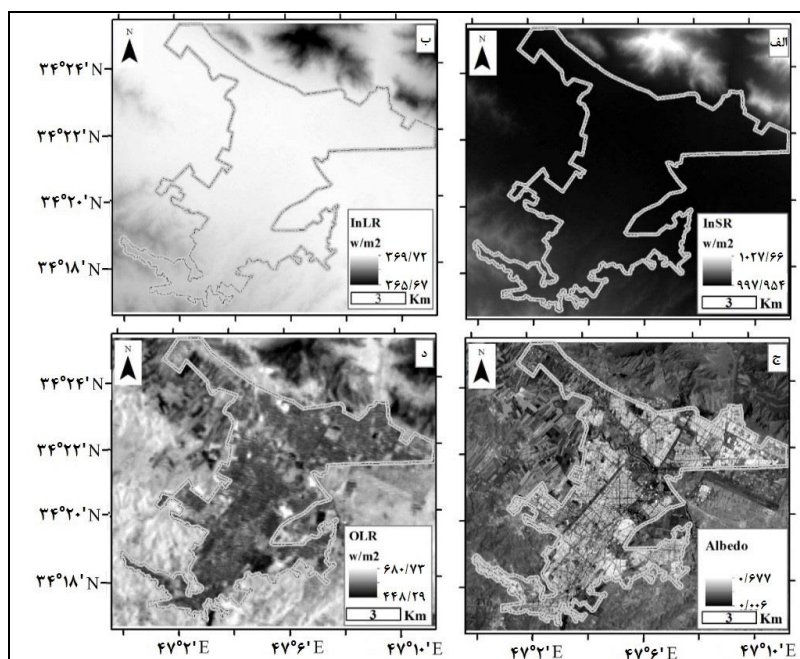
با استفاده از مدل توازن انرژی سطح، ویژگی های شار تابش در شهر کرمانشاه محاسبه شد. اشکال (۳ و ۴). سپس کاربری های مورد نظر در شهر کرمانشاه از طریق تصاویر ماهواره ای استخراج و میانگین ویژگی های شار تابش برای هر یک از آنها بدست آمد. جدول (۱). برای محاسبه میانگین ویژگی های شار تابش خالص در کاربری های مختلف، ۱۷۰ نقطه با پراکندگی مناسب در سطح شهر انتخاب شدند شکل (۵) برای نمونه برداری این نقاط سعی شده است پیکسل های خالص از هر کاربری در کل محدوده مورد مطالعه انتخاب گردند.

1 - one-way analysis of variance (ANOVA)

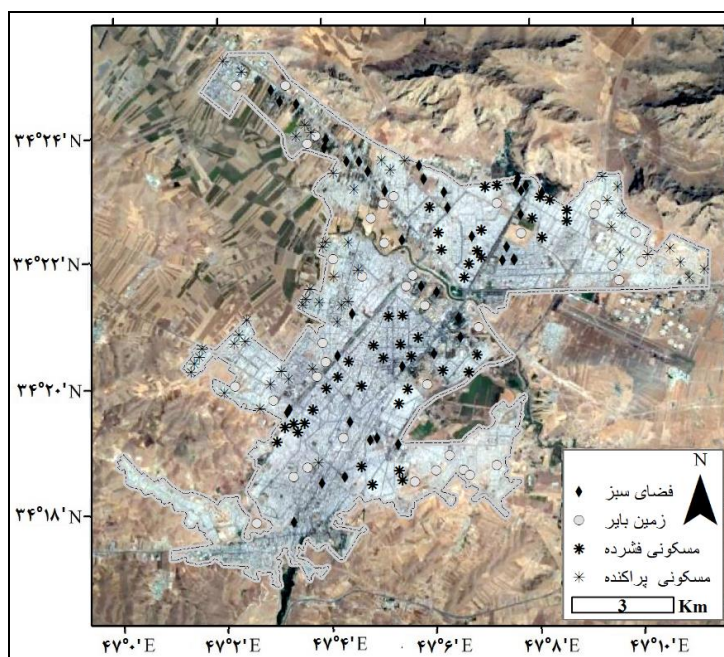
2 - Tukey's test



شکل (۳). شار تابش خالص در محدوده شهر کرمانشاه با استفاده از مدل توازن انرژی سطح، بر حسب وات بر متر مربع.



شکل (۴). مقدار انرژی طول موج بلند ورودی (a)، انرژی طول موج کوتاه ورودی (b)، انرژی طول موج بلند خروجی (c) یا انرژی زمین تاب و آلبیدو (d)، بر حسب وات بر متر مربع در محدوده شهر کرمانشاه.



شکل (۵). پراکنش فضایی نقاط برداشت شده زمینی در سطح شهر کرمانشاه

مقادیر انرژی ورودی به سطح (طول موج بلند و کوتاه ورودی) متأثر از مقدار انرژی وارد شده از خورشید و ویژگی‌های محلی (خصوصیات توپوگرافی، عرض جغرافیایی و ابرناکی) است که تغییرات زیادی در مقادیر این متغیرها در سطح شهر مشاهده نمی‌شود (شکل ۴، a و b). می‌توان استدلال نمود، ویژگی‌های سطح زمین در مقیاس مکانی خرد (شهر) قادر به تاثیرگذاری بر انرژی ورودی نیستند، بنابراین انرژی ورودی به سطح زمین در مقیاس خرد قادر به شکل دهی میکرواقلیم نیست. برعکس، مقادیر انرژی خروجی از سطح زمین (آلبیدو و تابش طول موج بلند خروجی) تاثیر بیشتری از ویژگی‌های سطح زمین می‌پذیرند چنانچه تغییرات آنها در کاربریهای مختلف سطح شهر به وضوح قابل شناسایی است. جدول (۱).

جدول (۱). میانگین ویژگی‌های شار تابش برای کاربری‌های مختلف در شهر کرمانشاه

کاربری	انرژی ورودی		انرژی خروجی		
	تابش خالص $R_N$	$R_{S\downarrow}$	$R_{L\downarrow}$	$R_{L\uparrow}$	$\alpha$
فضای سبز	۶۵۰/۵۳	۹۹۹/۴۴	۳۶۹/۵۳	۵۲۸/۸۴	۰/۱۸
زمین بایر	۵۲۹/۴۱	۹۹۹/۵۸	۳۶۹/۵۱	۵۷۸/۷۸	۰/۲۵
م. فشرده	۴۵۳/۰۵	۹۹۹/۵۹	۳۶۹/۵۱	۵۲۲/۶۹	۰/۳۹
م. پراکنده	۴۴۴/۳۵	۹۹۹/۶۱	۳۶۹/۵۱	۵۴۷/۸۴	۰/۳۷

نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) نشان داد (جدول ۲) تفاوت معناداری در مقدار انرژی‌های ورودی ( $R_{L\downarrow}$  و  $R_{S\downarrow}$ ) در کاربری‌های سطح شهر وجود ندارد اما تابش خالص و انرژی‌های خروجی ( $R_{L\uparrow}$  و  $R_{S\uparrow}$ ) با تغییر کاربری‌های شهر تفاوت معنادار از خود نشان می‌دهند.

جدول (۲). نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA)

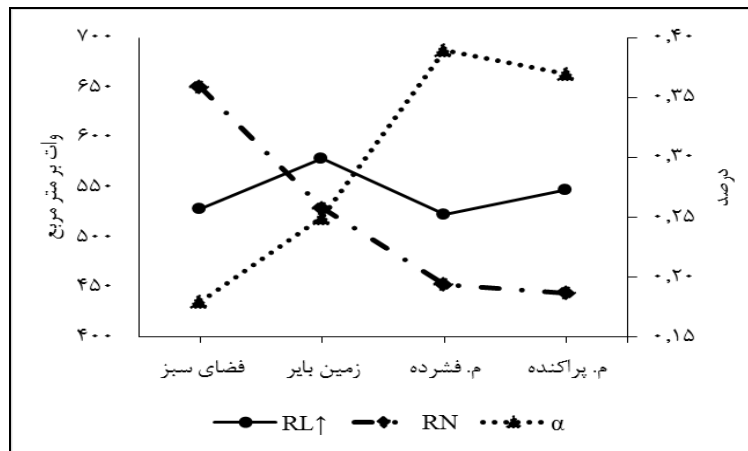
		درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	F	Sig
R <sub>N</sub>	بین گروهی	۳	۱۱۷۹۷۹۰/۴۸	۳۹۳۲۶۳/۴۹	۲۳۲/۳۶	۰
	درون گروهی	۱۶۶	۲۸۰۹۵۰/۸۱	۱۶۹۲/۴۷		
	مجموع	۱۶۹	۱۴۶۰۷۴۱/۳۰			
R <sub>Sj</sub>	بین گروهی	۳	۰/۷۹	۰/۲۶	۰/۴۴	۰/۷۳
	درون گروهی	۱۶۶	۱۰۰/۵۸	۰/۶۱		
	مجموع	۱۶۹	۱۰۱/۳۷			
R <sub>Lj</sub>	بین گروهی	۳	۰/۰۱	۰	۰/۴۲	۰/۷۴
	درون گروهی	۱۶۶	۱/۷۶	۰/۰۱		
	مجموع	۱۶۹	۱/۷۷			
R <sub>Lj</sub>	بین گروهی	۳	۷۵۴۰۳/۶۱	۲۵۱۳۴/۵۴	۶۰/۸۹	۰
	درون گروهی	۱۶۶	۶۸۵۲۲/۳۰	۴۱۲/۷۸		
	مجموع	۱۶۹	۱۴۳۹۲۵/۹۲			
α	بین گروهی	۳	۱/۱۹	۰/۴۰	۲۴۲/۳۱	۰
	درون گروهی	۱۶۶	۰/۲۷	۰		
	مجموع	۱۶۹	۱/۴۶			

با اتکا بر نتایج حاصل از آزمون ANOVA می‌توان استدلال نمود که تفاوت‌های تابش خالص در شهر که سبب شکل‌گیری خرداقلیم می‌شوند براساس تغییرات تابش خروجی شکل می‌گیرند که آن نیز به نوبه‌ی خود متاثر از ویژگی‌های سطح زمین هستند، به عبارت دیگر، نوع کاربری‌ها و تغییرات آبی آنها در سطح شهر، می‌تواند بواسطه تغییر در تابش خالص و مقادیر انرژی خروجی مسبب تغییرات دمایی و متعاقباً شکل‌گیری خرداقلیم‌های متفاوت در شهر گردد.

بعد از رد فرض صفر در آزمون تحلیل واریانس (R<sub>N</sub>، R<sub>Lj</sub> و α)، مقایسه‌ی تفاوت‌ها در سطح کاربری‌ها با استفاده از آزمون تعقیبی توکی جهت بررسی وجود تفاوت معناداری ما بین هردو کاربری در دستور کار قرار گرفت. تغییرات R<sub>N</sub>، R<sub>Lj</sub> و α در سطح کاربری‌های موجود در شهر کرمانشاه در شکل (۶) نشان داده شده است.

نتایج آزمون توکی برای R<sub>N</sub> در ارتباط با کاربری‌های موجود در شهر جدول (۳)، بیانگر اختلاف معنادار تمامی کاربری‌ها به صورت دو به دو به استثنای دو کاربری مسکونی فشرده و پراکنده است.





شکل (۶). تغییرات  $R_n$ ,  $RL\uparrow$  و  $\alpha$  در سطح کاربری‌های موجود در شهر کرمانشاه.

بنابراین می‌توان پذیرفت که اختلاف معناداری در تابش خالص کاربری‌های داخل شهر وجود دارد، به اینصورت که فضای سبز و زمین باير دارای بیشترین تابش خالص و کاربری‌های مسکونی نیز دارای کمترین مقدار تابش خالص هستند. شکل (۶).

جدول (۳). نتایج حاصل از آزمون توکی برای کاربری‌های موجود در شهر کرمانشاه در ارتباط با  $R_n$ .

کاربری‌ها	اختلاف	اختلاف نرمال شده	مقدار بحرانی	معناداری	معناداری اختلاف
فضای سبز <-> مسکونی پراکنده	۲۰۶/۱۸	۲۳/۷۲	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
فضای سبز <-> مسکونی فشرده	۱۹۷/۴۸	۲۲/۰۰	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
فضای سبز <-> زمین باير	۱۲۱/۱۱	۱۳/۱۵	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
زمین باير <-> مسکونی پراکنده	۸۵/۰۷	۹/۵۲	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
زمین باير <-> مسکونی فشرده	۷۶/۳۷	۸/۲۹	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
مسکونی فشرده <-> مسکونی پراکنده	۸/۷۰	۱/۰۰	۲/۶۰	۰/۷۵	خیر
مقدار بحرانی Tukey's			۳/۶۷		

نتایج آزمون توکی برای  $RL\uparrow$  در ارتباط با کاربری‌های موجود در شهر جدول (۴)، بیانگر اختلاف معنادار تمامی کاربری‌ها به صورت دو به دو به استثنای دو کاربری فضای سبز و مسکونی فشرده است.  $RL\uparrow$  که مشخص کننده انرژی زمین‌تاب (خروج انرژی با طول موج بلند) است به ترتیب در دو کاربری زمین باير و مسکونی پراکنده به حداکثر می‌رسد. دو کاربری فضای سبز و مسکونی فشرده دارای کمترین مقدار هدرفت انرژی طول موج بلند هستند. در مناطق خشک و نیمه خشک که مقدار رطوبت جوی کمتر است سرد شدن شبانه رابطه مستقیمی با مقدار انرژی زمین‌تاب دارد.

جدول (۴). نتایج حاصل از آزمون توکی برای کاربری‌های موجود در شهر کرمانشاه در ارتباط با  $R_{L\uparrow}$ .

کاربری‌ها	اختلاف	اختلاف نرمال شده	مقدار بحرانی	معناداری	معناداری اختلاف
زمین بایر <-> مسکونی فشرده	۵۶/۰۹	۱۲/۳۳	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
زمین بایر <-> فضای سبز	۴۹/۹۴	۱۰/۹۸	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
زمین بایر <-> مسکونی پراکنده	۳۰/۹۴	۷/۰۱	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
مسکونی پراکنده <-> مسکونی فشرده	۲۵/۱۵	۵/۸۶	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
مسکونی پراکنده <-> فضای سبز	۱۹/۰۰	۴/۴۳	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
فضای سبز <-> مسکونی فشرده	۶/۱۵	۱/۳۹	۲/۶۰	۰/۵۱	بله
مقدار بحرانی Tukey's			۳/۶۷		خیر

آلبدو در واقع به معنای کسری از تابش ورودی است که به وسیله سطح انعکاس داده می‌شود (کوآکلی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳)، بررسی آلبدو، تحلیل تغییرات پوشش سطح زمین و مقدار تابش خورشیدی جذب شده جهت شناسایی تغییرات آب و هوایی مرتبط با تغییرات کاربری را امکان پذیر می‌سازد. نتایج آزمون توکی برای مقدار آلبدوی کاربری‌های شهر کرمانشاه در جدول (۵) آورده شده است. به غیر از دو کاربری مسکونی که مقدار آلبدوی مشابهی دارند (هرچند مقدار آلبدوی مسکونی پراکنده از مسکونی فشرده اندکی بیشتر است ولی این تفاوت از نظر آماری معنادار نیست) سایر کاربری‌ها به صورت دو به دو دارای اختلاف معناداری در مقدار آلبدو هستند. جدول (۵).

جدول (۵). نتایج حاصل از آزمون توکی برای کاربری‌های موجود در شهر کرمانشاه در ارتباط با  $\alpha$ .

کاربری‌ها	اختلاف	اختلاف نرمال شده	مقدار بحرانی	معناداری	معناداری اختلاف
مسکونی فشرده <-> فضای سبز	۰/۲۰	۲۲/۹۰	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
مسکونی فشرده <-> زمین بایر	۰/۱۳	۱۴/۵۲	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
مسکونی فشرده <-> مسکونی پراکنده	۰/۰۲	۱/۸۸	۲/۶۰	۰/۲۴	خیر
مسکونی پراکنده <-> فضای سبز	۰/۱۹	۲۱/۷۷	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
مسکونی پراکنده <-> زمین بایر	۰/۱۲	۱۳/۱۴	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
زمین بایر <-> فضای سبز	۰/۰۷	۷/۸۰	۲/۶۰	۰/۰۰	بله
مقدار بحرانی Tukey's			۳/۶۷		

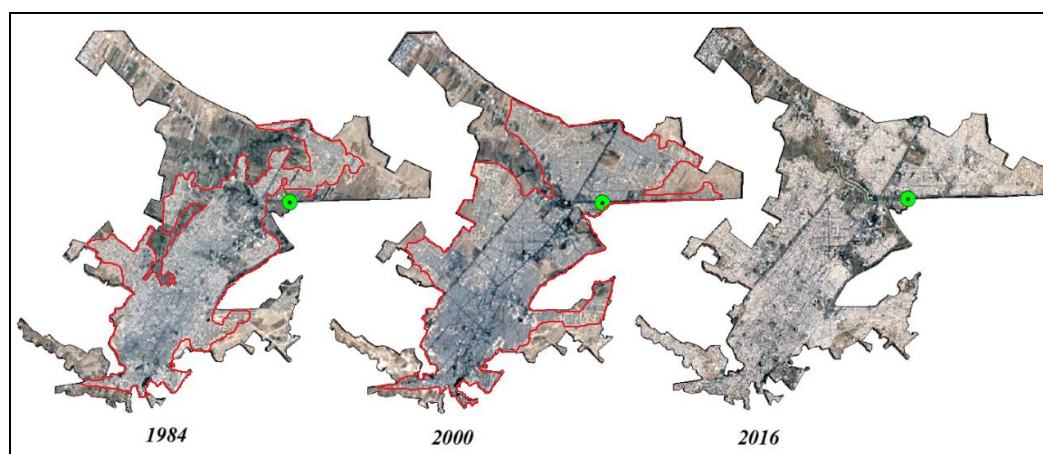
بیشترین مقدار آلبدو مربوط به زمین‌های بایر داخل شهر است و کمترین آن مربوط به کاربری مسکونی فشرده می‌باشد شکل (۶). گروه‌بندی کاربری‌های براساس ویژگی‌های تابش ( $R_N$ ،  $\alpha$ ،  $R_{L\downarrow}$ ،  $R_{S\downarrow}$  و  $R_{L\uparrow}$ ) و آزمون توکی بیانگر وجود سه گروه کاملاً مجزا از هم است. جدول (۶).

جدول (۶). گروه بندی کاربری های براساس ویژگی های تابش

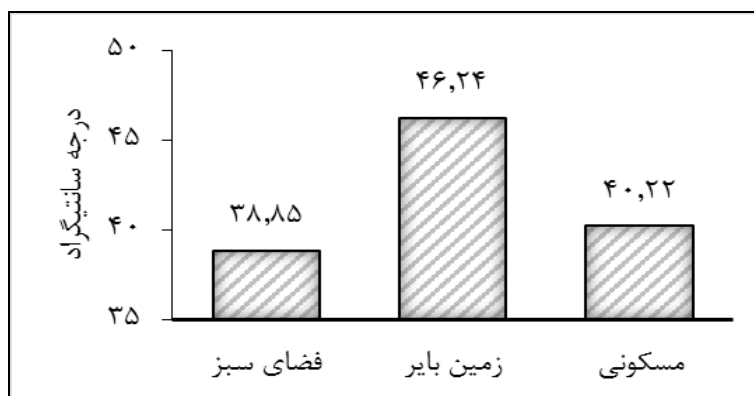
کاربری ها	میانگین	گروه		
فضای سبز	۶۵۰/۵۳	A		
زمین بایر	۵۲۹/۴۱		B	
مسکونی فشرده	۴۵۳/۰۵			C
مسکونی پراکنده	۴۴۴/۳۵			C

### نتیجه گیری

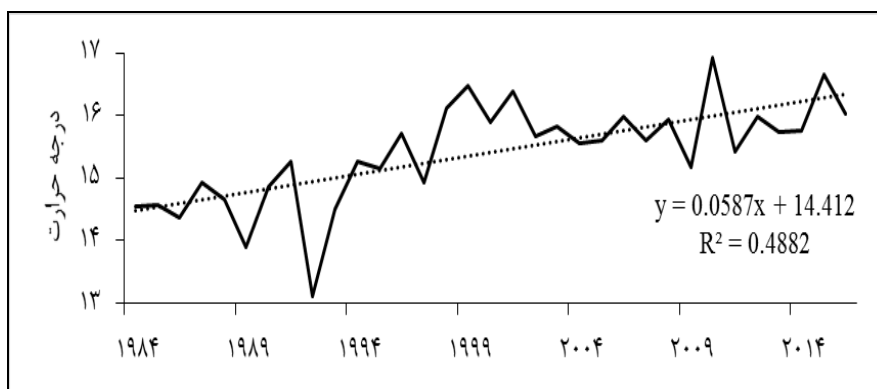
نتایج پژوهش پیش رو، نشان داد که کاربری های شهر با تغییر مقادیر انرژی برگشتی، قادر به تاثیرگذاری بر ویژگی های تابش هستند و شکل گیری خرداقلیم ها در سطح شهر را سبب شوند. هرگونه تغییر در این کاربری ها متعاقبا به صورت تغییر در خرداقلیم های شهر نمایان می گردد. گسترش فیزیکی شهر و تعرض به دامنه های پیرامونی آن در دهه های گذشته، منجر به تغییر کاربری فضای سبز (زمین های کشاورزی و مراتع) به مناطق مسکونی شده است شکل (۷). چنانچه ثروتی و همکاران (۱۳۹۰) نیز به آن اشاره کرده اند، طی فرایند توسعه ی شهر کرمانشاه از سال ۱۳۴۴ تا ۱۳۸۵، حدود ۱۰۵۵۱/۸۶ هکتار از زمین های کشاورزی، باغ، مسیل تاق و هسان و دامنه ها، تخریب و تبدیل به ساخت و سازهای شهری شده اند. این امر با تغییر در بیان تابش سبب تغییر در خرداقلیم شهر خواهد شد، از آنجائیکه درجه حرارت زمینهای مسکونی بیشتر از فضای سبز است شکل (۸)، انتظار داریم درجه حرارت در این مناطق بیشتر از سایر مکان ها شده باشد. تحلیل داده های درجه حرارت ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه (موقعیت آن در شکل ۷ مشخص شده است). طی سال های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۶ نشان می دهد که با تغییر کاربری زمین های ضلع غربی این ایستگاه که کشاورزی بوده اند به فضای ساخته شده (پایانه اتوبوسرانی، پایانه تاکسیرانی ساختمان استانداری، ایستگاه CNG و پارک)، دمای آن حدود ۲ درجه سانتیگراد افزایش یافته است شکل (۹). لذا این روند افزایشی دما، که در منابع مختلف از آن به عنوان پیامد گرمایش جهانی یاد می شود صرفا به خاطر گرمایش جهانی نبوده و تا حدودی ناشی از تغییر کاربری رخ داده در آن محل است که از طریق برهم زدن بیان تابش اتفاق افتاده است.



شکل (۷). توسعه فیزیکی شهر کرمانشاه طی سال های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۶ (دایره سبز رنگ: ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه)



شکل (۸). میانگین درجه حرارت کاربری های شهر کرمانشاه. با توجه به نتایج آزمون توکی (جدول ۶)، زمین های مسکونی فشرده و پراکنده در یک گروه قرار داده شدند.



شکل (۹). سری زمانی درجه حرارت سالانه ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه طی سال های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۶

نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که هرگونه تغییر کاربری در سطح شهر از طریق تاثیرگذاری بر بیلان تابش سبب تغییر در خرداقلیم های شهری می شود، بدین صورت که هرگونه تغییر کاربری فضای سبز شهری منجر به افزایش دما خواهد شد اگر فضای سبز تبدیل به زمین بایر شود، مقدار این افزایش دما بیشتر خواهد بود تا زمانی که تخریب فضای سبز جهت ایجاد مناطق مسکونی باشد. از طرف دیگر، هرگونه تغییر کاربری زمین های بایر در سطح شهر کاهش دما را در پی خواهد داشت، تغییر زمین های بایر جهت ایجاد فضای سبز منجر به کاهش دمای بیشتری می شود تا تبدیل آن به مناطق مسکونی. نهایتاً تغییر کاربری مناطق مسکونی به فضای سبز منجر به کاهش دما و تغییر آن به زمین های بایر، افزایش دما را در پی خواهد داشت. جدول (۷) و شکل (۸). مطالب گفته شده با یافته های هاشمی دره بادامی (۱۳۹۴ الف) همسو بوده و نتایج آن را تایید می نماید.

جدول (۷). تغییر کاربری و تغییر دما در شهر کرمانشاه، علامت + نشان دهنده مقدار بیشتر افزایش یا کاهش در مقایسه با دیگر کاربری‌ها

تغییر کاربری		تغییرات دما
فضای سبز	➔	زمین بایر
فضای سبز	➔	مسکونی
زمین بایر	➔	مسکونی
زمین بایر	➔	فضای سبز
مسکونی	➔	فضای سبز
مسکونی	➔	زمین بایر

تغییرات دمایی در سطح شهر بواسطه تغییر کاربری، صرفاً از طریق تغییر در ویژگی‌های انرژی خروجی اعمال می‌شوند، که آن نیز به نوبه خود تابع آلودگی و عوامل موثر بر OLR می‌باشد. در همین راستا ذکر دو نکته لازم به نظر می‌رسد، نخست اینکه، انتخاب جنس مصالح برای مناطق مسکونی با توجه به این دو ویژگی به نحوی باشد تا کمترین افزایش دما در سطح شهر رخ دهد و دوم اینکه، پژوهشگرانی که در زمینه تغییر اقلیم و گرمایش جهانی کار می‌کنند به بحث تغییر کاربری و اثرات آن توجه داشته باشند تا همگی افزایش دمایی ایستگاه‌های داخل شهر را به حساب گرمایش جهانی نگذارند.

### منابع

- امینی باستانی، سمیرا؛ زارع ابیانه، حمید؛ اکبری، مهدی (۱۳۹۳). برآورد دما و شاخص پوشش گیاهی سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور (مطالعه موردی: استان همدان)، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی، ۳۴-۳۳۳، ۴۶.
- ثروتی، محمدرضا؛ حسین زاده، محمد مهدی؛ صرافی، مظفر؛ پناهی، رویا (۱۳۹۰). بررسی روند شهرنشینی و توسعه فیزیکی شهر کرمانشاه. نخستین همایش ملی آرمان شهر ایران، نور، دانشگاه آزاد واحد نور، ۱۳۹۰.
- حجازی زاده، زهرا؛ بزمی، نسرین؛ رحیمی، علیرضا؛ طولابی نژاد، میثم؛ بساک، عاطفه. (۱۳۹۶). مدلسازی فضایی-زمانی آلودگی در گستره ی ایران زمین، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۸(۴۷)، ۱-۱۷.
- خسروی، محمود؛ قبادی، اسدالله (۱۳۹۰). تبیین جایگاه بام سبز در تعدیل جزیره حرارتی شهر (نمونه موردی شهر کرج)، فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، ۲(۴)، ۶۷-۷۸.
- دباغیان امیری، مجید (۱۳۹۱). پدیده جزیره حرارتی چالشی برای محیط‌زیست شهری و راه‌کارهای برای کاهش اثرات آن، ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی محیط‌زیست، تهران، ۱۳۹۱، ۱-۱۶.
- روشنی، احمد؛ قائمی، هوشنگ؛ حجازی زاده، زهرا (۱۳۹۳). تغییرات زمانی - مکانی درازمدت تابش خالص در گستره ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۰، ۵۵-۷۲.
- علیچانی، سعیده: (۱۳۸۹). بررسی مطابقت طراحی فضای شهری با تغییرات اقلیم شهر. چهارمین کنفرانس تغییر اقلیم، تهران.

- کریمی، علی‌رضا؛ فرهادی بانسوله، بهمن؛ حسادی، همایون (۱۳۹۱). برآورد تبخیر و تعرق واقعی در مقیاس منطقه‌ای با استفاده از الگوریتم سبال و تصاویر لندست. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴(۶)، ۳۵۳-۳۶۴.
- مزیدی، احمد؛ نارنگی فرد، مهدی. (۱۳۹۵). تاثیر توسعه شهری و تغییرات کاربری بر عناصر آب و هوایی شهر شیراز و فسا. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۶(۴۰)، ۱۵۴-۱۳۱.
- موسوی بایگی، محمد؛ اشرف، بتول؛ فرید حسینی، علیرضا؛ میان‌آبادی، آمنه (۱۳۹۱). بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱، ۳۵-۴۹.
- هاشمی دره بادامی، سیروس؛ خزایی، علی؛ علوی پناه، سید کاظم (۱۳۹۴ الف) تأثیر بام‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی شهر با استفاده تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی شهر کرمانشاه)، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، ۷(۲۵)، ۱۸-۱.
- هاشمی دره بادامی، سیروس؛ نورایی صفت، ایثار؛ کریمی، سعید؛ نظری، سجاد. (۱۳۹۴). تحلیل روند توسعه جزیره حرارتی شهری در رابطه با تغییر کاربری اراضی/پوششی استفاده از سری زمانی تصاویر لندست. سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۳(۶)، ۲۸-۱۵.
- Allen, R. G., Tasumi, M., Trezza, R., & Bastiaanssen, W. G. M. (2002). **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)**. Advance Training and User's Manual-Idaho Implementation, version, 1, and 97.
- Amiri, R., Weng, Q., Alimohammadi, A., & Alavipanah, S. K. (2009). **Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fractional vegetation cover and land use/cover in the abriz urban area, Iran**. Remote Sensing of Environment, **113(12)**, 2606-2617.
- Bisht, G., Venturini, V., Islam, S., & Jiang, L. E. (2005). **Estimation of the net radiation using MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data for clear sky days**. Remote Sensing of Environment, **97(1)**, 52-67.
- 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.
- Coakley, J. A. (2003). Reflectance and albedo, surface. Encyclopedia of the Atmosphere, **26**: 1914-1923.
- Farhadi, Leila. 2012. **Estimation of land Surface Water and Energy Balance Flux Components and Closure Relation Using Conditional Sampling**, PhD Thesis in Civil and Environmental Engineering Massachusetts Institute of Technology
- Jacobs, J. M., Myers, D. A., Anderson, M. C., Diak, G. R., (2000). **GOES surface insolation to estimate wetlands evapotranspiration**. Journal of Hydrology, **266**, 53-65.
- 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.
- Latif, M. S. (2013). **Land Surface Temperature Retrieval of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm-A Case Study of Ranchi District**. Int J Eng Dev Res (IJEDR), **2**, 3840-3849.
- Liu, L., & Zhang, Y. (2011). **Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong**. Remote Sensing, **3(7)**, 1535-1552.

- Ma, Y., Su, Z., Li, Z., Koike, T., & Menenti, M. (2002). **Determination of regional net radiation and soil heat flux over a heterogeneous landscape of the Tibetan Plateau.** *Hydrological Processes*, **16(15)**, 2963-2971.
- 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
- Pal, S., & Ziaul, S. (2017). **Detection of Land Use and Land Cover Change and Land Surface Temperature in English Bazar Urban Centre.** *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, **20(1)**, 125-145.
- Perez, R., Seals, R., & Zelenka, A. (1997). **Comparing satellite remote sensing and ground network measurements for the production of site/time specific irradiance data.** *Solar Energy*, **60(2)**, 89-96.
- Rose A.L., M. D. Devadas. (2009). **Analysis of land surface temperature and land use/land cover types using remote sensing imagery a case in Chennai city, India.** The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.