



Revealing the impact of Khorramabad urban expansion on urban temperature changes using landsat satellite thermal images

Farzane Ahmadi¹, Dariush Yarahmadi^{2*}, Hamid Mirhashemi³

¹Ph.D student of Climatology at Lorestan University, Lorestan, Iran

² Member of the academic of the Geogaphy department of Loestan University, Lorestan, Iran, Email: yarahmadi.d@lu.ac.ir

³Member of the academic of the Geogaphy department of Loestan University, Lorestan, Iran

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2023-8-9
Accepted: 2023-9-26

Keywords:
sustainable agriculture
development
sustainable development of
garden products
sustainable livelihoods

ABSTRACT

Stability in garden products depends on economic, social and environmental factors. The recognition of the stability level of these factors can be effective in developing sustainable horticulture development strategies and its effect on sustainable livelihoods. Therefore, the purpose of this study is to analyze the stability of garden products and its role in the livelihood of household grid operator villages of Bandar-e-Gaz Central District of County. The information required is collected through a questionnaire whose validity is obtained based on the experts of the relevant experts and its reliability by calculating the Cronbach's alpha coefficient. The statistical population of this study consists of the garden operators of three ,western Gaz and Val-afra ,calculated by the Cochran formula of sample size 250. Random sampling method was used to select sample sample. In order to measure the stability of garden products from 45 indexes for economic, social and environmental dimensions and to measure sustainable livelihoods, the grid operator uses 53 indices to separate the dimensions of financial, social, human, environmental and environmental assets. According to the spearman test, the economic, social and environmental sustainability of the garden products on sustainable livelihoods is effective. The results of the Kruskal test show that the stable livelihoods of operators in the three villages have a significant difference to the confidence level of 99 percent. The results of the analysis of one - way independent variance analysis on the level of culture of three villages also stated that there is significant difference in the three factors in three villages by 99 percent level.

Cite this article: Ahmadi, F., Yarahmadi, D., Mirhashemi, H. (2023). Revealing the impact of Khorramabad urban expansion on urban temperature changes using landsat satellite thermal images. *Journal of the Climate Change Research*, 4 (15), 23-38.





نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی



فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال چهارم / شماره مسلسل پانزدهم / پاییز ۱۴۰۲ / صفحات: ۲۳-۳۸

آشکار سازی تأثیر روند گسترش بافت شهری بر تغییرات دمای شهر خرم آباد

فرزانه احمدی^۱، داریوش یاراحمدی^{۲*}، حمید میرهاشمی^۳

^۱ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

^۲ عضو هیات‌علمی گروه جغرافیای دانشگاه لرستان، لرستان، ایران، رایانامه: yarahmadi.d@Lu.ac.ir

^۳ عضو هیات‌علمی گروه جغرافیای دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

اطلاعات مقاله چکیده

رشد کالبدی بافت شهرها، در اراضی کشاورزی یا باغات حاشیه شهر، از نمودهای بارز تغییرات کاربری اراضی به نفع گسترش بافت شهری است. این تغییرات کاربری اراضی تبعات زیست محیطی و اقلیم شناختی در پی دارد. آگاهی از این تبعات محیطی، در کنترل و مدیریت بهینه شرایط زیست محیطی شهر مفید واقع می‌شود. هدف اساسی این تحقیق آشکار سازی روند تغییرات کالبدی بافت شهری خرم آباد طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۰ و آشکار سازی اثر تغییرات حرارتی بر ساختار دمای دوره گرم شهر خرم آباد است. در این راستا با استفاده از تصاویر سنجنده TM و OLI/TIRS ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ برای ماه ژوئن ۴ دوره آماری ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰، با اجرای تابع جبر باندی، بافت شهری خرم آباد از روی باندهای ایتیکال این سنجنده‌ها استخراج و روند تغییرات این بافت طی ۳۰ سال بررسی گردید. همچنین دمای سطح زمین محدوده شهر خرم آباد با اجرای الگوریتم Spilt Window روی باندهای حرارتی دو سنجنده مذکور، برای ماه ژوئن استخراج گردید. نتایج حاصل از تحلیل روند نشان داد بافت شهری خرم آباد طی دوره ۳۰ ساله با یک رشد مستمر در بخش‌های حاشیه شرقی و جنوبی شهر روبرو بوده است. به طور تجمعی مشخص گردید که بافت شهری خرم آباد در انتهای دوره یعنی سال ۲۰۲۰ حدود ۴۱ درصد (۸۲۸ هکتار) نسبت به سال ۱۹۹۰ گسترش داشته است این گسترش عموماً در اراضی کشاورزی و باغات حاشیه شهر خرم آباد بوده است. استخراج دمای سطح زمین از باندهای حرارتی دو سنجنده TM و TIRS، نشان داد که در روزهای آخر ژوئن ۴ سال مورد بررسی میانگین دمای سطح بافت شهری، حدود ۱۱/۵ درجه سانتیگراد از فضای سبز داخل شهر یا اراضی باغی حواشی شهر، بالاتر بوده و همزمان با گسترش بافت شهری، دمای سطح این بافت از ۴۱ درجه در سال ۱۹۹۰ به ۴۳/۱ درجه در سال ۲۰۲۰ رسیده است.

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۴

واژه‌های کلیدی:

بافت شهری

ماهواره لندست

دمای سطح زمین

شهر خرم آباد

استناد: احمدی، فرزانه؛ یاراحمدی، داریوش؛ میرهاشمی، حمید. (۱۴۰۲). آشکار سازی تأثیر روند گسترش بافت شهری بر

تغییرات دمای شهر خرم آباد. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۴ (۱۵)، ۲۳-۳۸

Doi: 10.30488/CCR.2023.410913.1154

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسندگان



مقدمه

شهرها، عناصر شهری و سبک معماری و عملکرد آنها همواره از عناصر و عوامل آب و هوایی متأثر بوده‌اند. این تأثیرپذیری تا قبل از پیدایش شهرهای بزرگ و کلان شهرها تقریباً یک سویه بوده و از آن به بعد شهرها نیز در اوضاع اقلیمی فضای پیرامونی خود تأثیر گذاشته و تغییرات میکرو اقلیمی را پدید آورده‌اند (زمردیان، ۱۳۸۶: ۱۲۶). توسعه فیزیکی شهری یا به عبارت دیگر گستردگی شهری فرآیندی است که طی آن محدوده‌های فیزیکی شهر و فضای کالبدی آن در ابعاد افقی و عمودی و در طول زمان از نظر کمی و کیفی افزایش می‌یابد. این پدیده کاربری اراضی را به نفع توسعه مناطق مسکونی و تجاری تغییر داده و معمولاً با دسترسی ضعیف به خدمات مرتبط از قبیل مسکن حمل و نقل و خدمات عمومی همراه است (دیان و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۷۶) به طور معمول پوشش‌های طبیعی زمین تحت تأثیر رشد شهری قرار می‌گیرند، رشد و توسعه مناطق شهرنشین باعث شده تا بسیاری از پوشش‌های زمین تحت تأثیر این موضوع قرار گیرند. در بسیاری از کشورهای در حال توسعه این موضوع اثرات مختلفی را بر محیط زیست گذاشته است که از جمله آن می‌توان به از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، آلودگی هوا، تجاوز به خطوط ساحلی، تجاوز به حریم جنگل‌ها و ... اشاره کرد (گوپتا و همکاران، ۲۰۲۰: زکی^۱ و همکاران، ۲۰۱۱: ۱۸۲). یکی از اثرات جانبی توسعه شهری افزایش درجه حرارت مناطق شهری در مقایسه با محدوده روستاهای اطراف شان و یا حومه شهر بوده و این پدیده که از آن به عنوان جزیره گرمایی شهری یاد می‌شود، موجب بروز مشکلات فراوانی شده است (منصوری مقدم و همکاران، ۲۰۲۳؛ چاوال^۲ و همکاران، ۲۰۱۵: ۶۳۸). توسعه مناطق شهری موجب تغییر در چشم انداز شده و ساختمان‌ها، جاده‌ها و دیگر زیرساخت‌ها جایگزین زمین‌های باز و پوشش گیاهی شده‌اند. جایگزین شدن پوشش طبیعی زمین با سنگ‌فرش ساختمان‌ها،

بتن، آسفالت و دیگر ساخت و سازهای شهری اثرات خنک‌کنندگی سطوح طبیعی را از بین می‌برند، علاوه بر آن حرارت وسایل نقلیه کارخانه‌ها و وسایل تهویه هوا گرمای محیطی را افزایش و همچنین ساختمان‌های بلند و خیابان‌های باریک جریان هوا را کاهش می‌دهند و هوای پیرامون را گرم می‌کنند (بادجو^۳ و همکاران، ۲۰۲۲: ۱۳۶). در چند دهه اخیر کشور ایران نیز مثل سایر کشورهای در حال توسعه شاهد رشد جمعیت بوده و همین امر سبب شده است که بیشتر شهرها را با پدیده گسترش شهری روبه‌رو شوند. فرآیند رشد سریع شهرنشینی تغییرات وسیع و سریع بر محیط زیست را نشان می‌دهد (ریزوان^۴ و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۲۶). نادری زاده شورابه و همکاران (۱۳۹۷) به مطالعه تغییرات زمانی - مکانی کاربری اراضی و رشد شهری و تأثیر آن بر افزایش دمای سطحی در گرگان پرداختند، نتایج نشان داد که با تبدیل کاربری فضای سبز به زمین آیش بیشترین تغییرات دمایی سطح زمین رخ داده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد، کاهش طبقات دمایی بسیار سرد و سرد و افزایش طبقات دمایی نرمال و گرم در منطقه وجود داشته است که مهمترین دلیل آن افزایش مساحت کاربری‌های ساخته شده و آیش است. درویشی و همکاران (۱۳۹۸) تأثیر تغییرات کاربری اراضی را بر دمای سطحی در شهر میوان بررسی کردند، نتایج این مطالعه بیانگر آن بود که با افزایش مساحت زمین‌های مسکونی و بایر و همچنین با کاهش پوشش گیاهی زمین‌های کشاورزی در دوره ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۷ دما روندی افزایشی را در این کاربری‌ها داشته است. شعبانی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی آثار تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی - مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی مطالعه موردی: شهرستان سقز پرداختند، نتایج نشان داد که کاربری‌های آب، نواحی مسکونی و بایر روند افزایشی داشته‌اند و همچنین سطح پوشش گیاهی روندی کاهش را نشان داده است. نتایج، بیشترین دما در

1. Dai
2. Zaki
3. Cheval

4. Badugu
5. Rizwan

هرکاربری نشان داد که در کاربری‌های مسکونی و بایر دما روند افزایشی داشته است. امیدوار و همکاران (۱۳۹۹) به ارزیابی ارتباط کاربری اراضی شهری و جزایر حرارتی، شهر یزد پرداختند. ایشان برای تحلیل این رابطه از تصاویر سال ۲۰۰۵ و ۲۰۱۵ ماهواره Terra سنجنده Aster استفاده کردند. نتایج بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که گسترش فیزیکی شهر یزد در دوره‌های مختلف، باعث پیشروی این شهر در سطوح نمک زار و ماسه زار حاشیه‌ای شده است در نتیجه عمده جزایر حرارتی شهر یزد در نواحی حاشیه‌ای و زمین‌های بایر شکل گرفته است. خدمت زاده و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی تغییرات کاربری زمین و شکل‌گیری جزایر حرارتی در حریم شهر ارومیه با استفاده از سنجش از دور پرداختند. بررسی‌های این تحقیق نشان داد که اراضی باغی و زراعی در نتیجه افزایش مناطق مسکونی و گسترش شهری، روند کاهشی داشته‌اند. طحانی و همکاران (۱۴۰۲)، اقدام به تحلیل ارتباط بین تغییرات دمای سطح زمین با الگوی تغییرات کاربری اراضی در شهر کاشان کردند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که اراضی انسان‌ساخت طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۴۰۰ با رشد ۲۱ درصدی، روند افزایشی داشته است و اراضی بایر و اراضی دارای پوشش گیاهی (به ترتیب با ۱۱/۱۷ درصد و ۹/۸۸ درصد) روند کاهشی داشته است. همزمان با این تغییرات در کاربری اراضی، دمای سطح زمین در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۴۰۰ به ترتیب از ۳۴/۸۷ سانتی‌گراد به ۴۲/۳۳ درجه سانتی‌گراد رسیده است و حداکثر دما از ۵۹/۶۳ درجه سانتی‌گراد به ۶۰/۷۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. بوکای و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به ارزیابی جزیره حرارتی شهری براساس رابطه بین دمای سطح زمین و کاربری اراضی پوشش در تهران پرداختند ایشان نشان دادند که پوشش پال و زینال (۲۰۱۷) در پژوهشی به بررسی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در مرکز شهر Bazar English پرداختند و نتیجه گرفتند که تفاوت معنی‌داری بین دمای سطح زمین و کاربری اراضی پوشش وجود دارد و اراضی ساخته شده دارای

حداکثر دما در میان کاربری هاست. وانگ و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهشی به مطالعه تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در دلتای رودخانه پیارل در چین به صورت چند زمانه پرداختند، نتایج این مطالعه نشان داد که رشد شهر در این ناحیه و الگوهای دمای سطحی با تخریب کاربری اراضی افزایش یافته است. منصوری مقدم و همکاران (۲۰۲۳)، اقدام به بررسی تغییرات کاربری اراضی شهر مشهد طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۰۳ و تاثیر آن روی دمای سطح زمین شهر نمودند. نتایج تحقیق ایشان بیانگر وجود یک همبستگی مثبت بین روند دمایی سه دهه اخیر با روند تغییرات بافت شهری مشهد و یک ارتباط منفی بین روند تغییرات دمای سطح و پوشش گیاهی در سطح شهر بود. منصوری مقدم و همکاران (۲۰۲۳)، اقدام به بررسی و آشکارسازی اثرات دمایی مجتمع فضای سبز کاریز لند شهر یزد پرداختند. نتایج تحقیق ایشان آشکار کرد که در سال ۲۰۲۲، وضعیت با افزایش قابل توجهی در شاخص‌های پوشش گیاهی در محدوده کاریز لند، اولاً میانگین دمای سطح زمین حدود ۸ درصد کاهش داشته است و در ثانی مساحت لکه‌های داغ دمایی آشکار شده نیز حدود ۹ درصد نسبت به سال ۲۰۱۳ (سال شروع ساخت مجتمع کاریز لند) کاهش داشته است. شهر خرم آباد طی سه دهه اخیر با رشد کالبدی قابل توجهی روبرو بوده است، مهاجرت جمعیت روستایی به شهر و در کنار آن افزایش جمعیت شهری، منجر به رشد بافت کالبدی شهر خرم آباد شده است. رشد این شهر با تغییر کاربری در اراضی باغی و زراعی و تبدیل آن به اراضی شهری توأم بوده است. اما به تناسب رشد و گسترش بافت شهری خرم آباد، فضای سبز شهر توسعه پیدا نکرده است. سرانه فضای سبز شهر خرم آباد حدود ۹ مترمربع است که نسبت به استاندارد کشوری (۱۵ مترمربع) حدود ۶ مترمربع کمتر است (شهرداری خرم آباد، ۱۴۰۰). این گسترش بافت شهری و مسکونی می‌تواند اثرات میکرواقليمی قابل توجهی در سطح شهر ایجاد کند. با تغییر کاربری اراضی باغی و

آشکارسازی تغییرات بافت کالبدی شهر خرم آباد و سپس استخراج و آشکارسازی تاثیرات دمایی آن با استفاده از باندهای حرارتی ماهواره لندست شد.

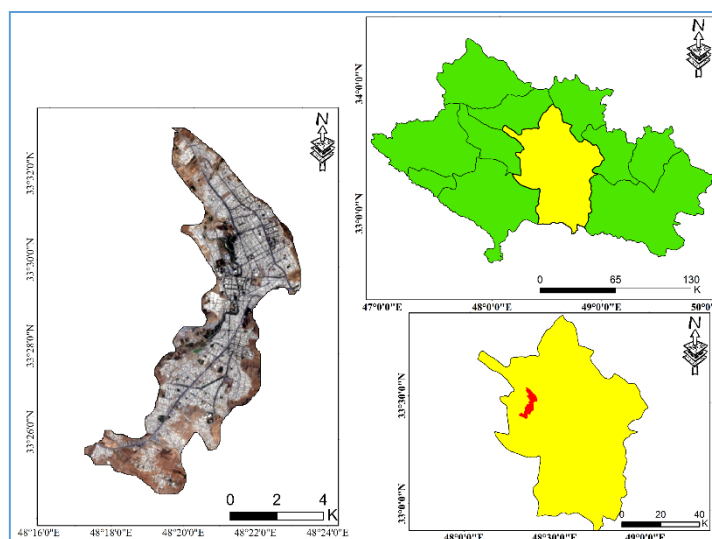
محدوده و قلمرو پژوهش

منطقه مورد مطالعه این تحقیق شهر خرم آباد مرکز شهرستان خرم آباد است. این شهر بیست و سومین شهر پرجمعیت ایران و مرکز استان لرستان است. جمعیت خرم آباد طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران، ۳۷۳۴۱۶ نفر بوده است. شهر در ارتفاع ۱۱۴۷/۸ متری از سطح دریا و در میان دره‌های زاگرس قرار دارد. فاصله خرم آباد تا تهران ۴۹۰ کیلومتر است و به دلیل قرار گرفتن در مسیر تهران - جنوب دارای اهمیت ارتباطی و راهبردی است.

زراعی به اراضی شهری تغییرات قابل توجهی در میزان جذب و بازتابش، سرعت و جهت باد، میزان تبخیر و تعرق، رطوبت خاک، ایجاد می‌شود، که برآیند نهایی آن‌ها منجر به شکل گیری اقلیم شهری میگردد. هدف اساسی این تحقیق آشکارسازی تاثیر رشد بافت کالبدی شهر خرم آباد در تغییرات دمای سطح زمین این شهر است.

روش تحقیق

با توجه به اینکه روش هدف اساسی این تحقیق آشکارسازی ارتباط بین گسترش و توسعه کالبدی بافت شهری خرم آباد و تاثیرگذاری آن بر ساختار حرارتی و دمایی شهر است، لذا در این تحقیق براساس تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ ابتدا اقدام به



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه-موقعیت شهر خرم آباد در شهرستان خرم آباد و استان لرستان

شمالی سیستم مختصات UTM قرار گرفته است، لذا یک بلوک تصویر لندست با مختصات مسیر Row 037 و Path 166 برای ۴ سال ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰، برای ماه ژوئن این سال‌ها از پایگاه تجمیعی^۷ Earth Explorer اخذ گردید.

داده‌های مورد استفاده

داده‌هایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت، در واقع از تصاویر لندست ۵ و ۸ طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ استخراج گردید. در جدول ۱ تصاویر اخذ شده برای انجام این تحقیق ارائه شده است. با توجه به اینکه شهر خرم آباد در زون ۳۹

⁷ <https://earthexplorer.usgs.gov/>

جدول ۱- تصاویر ماهواره لندست اخذ شده برای تحقیق

سال اخذ تصویر	سنجنده	ماهواره	تاریخ
۱۹۹۰	TM	لندست ۵	۲۷ ژوئن
۲۰۰۰	TM	لندست ۵	۲۲ ژوئن
۲۰۱۰	TM	لندست ۵	۲۶ ژوئن
۲۰۲۰	OLI/TIRS	لندست ۸	۲۷ ژوئن

شهری (BU^۹) به صورت رابطه زیر برای استخراج بافت شهری خرم آباد از روی دو سنجنده TM و OLI اعمال گردید (رابطه ۳):

رابطه ۳) شاخص بافت شهری (BU)

$$BU = NDBI - NDVI$$

استخراج دمای سطح زمین (LST) از باندهای حرارتی لندست: در این تحقیق برای استخراج دمای سطح زمین در محدوده شهری خرم آباد، از باندهای حرارتی سنجنده‌های TM و TIRS لندست ۵ و ۸ استفاده شد. باند ۶ سنجنده TM و باندهای ۱۰ و ۱۱ سنجنده TIRS به عنوان باند حرارتی مورد استفاده قرار گرفت. برای استخراج دمای سطح زمین از این باندهای حرارتی از الگوریتم پنجره مجزا^{۱۰} استفاده شد. ابتدا دمای سطح زمین با استفاده از محاسبه دمای درخشندگی بدست آمد. برای استخراج دمای سطح زمین از باندهای حرارتی تصاویر TM و TIRS، از الگوریتمی که در فلوچارت شکل ۲ مشاهده می‌گردد، استفاده گردید. در این روش که مبتنی بر شاخص پوشش گیاهی است، ابتدا مقدار عددی DN پیکسل-های تصاویر باندهای مذکور براساس رابطه زیر رادیانس طیفی تبدیل می‌گردد:

رابطه ۴) استخراج رادیانس طیفی باندها:

$$L\lambda = ML \times Qcal + AL$$

که در آن $L\lambda$ میزان رادیانس طیفی، ML، ضریب رادیانس هر باند، AL، مقدار ثابت هر باند، Qcal، نیز مقادیر DN پیکسل باندهای حرارتی TIRS است. مرحله دوم براساس الگوریتم ارائه شده در فلوچارت شکل ۳، تبدیل رادیانس طیفی به دمای درخشندگی می‌باشد که به صورت رابطه زیر انجام می‌گیرد:

آشکارسازی تغییرات کالبدی بافت شهری خرم آباد: برای آشکارسازی تغییرات کالبدی بافت شهری خرم آباد در طی ۴ دوره آماری که در جدول ۱ ارائه شده است، از شاخص تفاضل نرمال شده بافت شهری^۸ (NDBI) استفاده شد. این شاخص مبتنی بر باندهای مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز طول موج کوتاه (SWIR1) در سنجنده‌های TM و OLI است (رابطه ۱):

رابطه ۱) شاخص تفاضل نرمال شده بافت شهری (NDBI)

$$NDBI = \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR}$$

حال با محاسبه شاخص پوشش گیاهی و استخراج این شاخص از آن، مقادیر بافت شهری با خارج کردن فضای سبز و باغات اطراف شهر با دقت بالاتری به دست خواهد آمد. در ادامه از شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی که مبتنی بر باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک سنجنده‌های TM و OLI است، این شاخص محاسبه گردید.

رابطه ۲) شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)

$$NDBI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

با توجه به اینکه در سنجنده TM باند ۳ مربوط به طول موج قرمز (RED)، باند ۴ مربوط به طول موج مادون قرمز نزدیک (NIR) و باند ۵ مربوط به طول موج مادون قرمز طول موج کوتاه^۱ (SWIR1) است و در سنجنده OLI همین طول موج‌ها به ترتیب در باندهای ۴، ۵ و ۶ قرار دارند، لذا در روابط فوق از این باندها استفاده گردید. حال در نهایت شاخص بافت

^۹ Built Up

^{۱۰} Spilt Window

^۸ Normalized Difference Built up Index(NDBI)

پوشش گیاهی نیز براساس شاخص NDVI به صورت زیر محاسبه میگردد:

رابطه (۷) شاخص نسبت پوشش گیاهی

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2$$

که در آن، مقادیر کمینه و بیشینه پوشش گیاهی منطقه در نظر گرفته شده است. و در نهایت شاخص بازتابش سطحی به صورت زیر محاسبه میگردد

رابطه (۸) محاسبه شاخص بازتابش سطحی

$$LSE = 0.004 \times PV + 0.986$$

در نهایت دمای سطح زمین برحسب درجه سانتی گراد عبارت است از:

رابطه (۹) دمای سطح زمین

$$LST = (BT/1) + W \times (BT/14380) \times \ln(LSE)$$

که در آن مقادیر ثابت استفاده شده در الگوریتم فوق، از متادیتای تصاویر اخذ شده لندست برای باندهای مورد استفاده در دسترس است.

رابطه (۵) استخراج دمای درخشندگی:

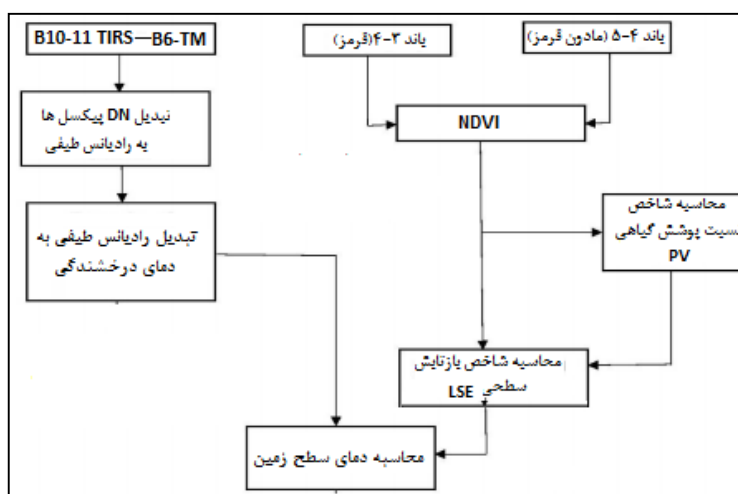
$$BT = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} - 275.15$$

که در آن $L\lambda$ میزان رادیانس طیفی محاسبه شده در فوق، $K1$ و $K2$ ، مقادیر ثابت برای هر باند و BT نیز دمای درخشندگی محاسبه شده برحسب درجه سانتی گراد مرحله سوم براساس الگوریتم ارائه شده در فلوچارت شکل ۳، استخراج بازتابش سطحی (LSE) است که پیش نیاز آن محاسبه شاخص پوشش گیاهی و سپس شاخص نسبت پوشش گیاهی به صورت روابط زیر می باشد:

رابطه (۶) شاخص پوشش گیاهی

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

که در آن NIR و RED ؛ باندهای قرمز و مادون قرمز برای سنجنده OLI و TM هستند. شاخص نسب



شکل ۲- الگوریتم استخراج دمای سطح زمین از باندهای حرارتی سنجنده های TM و $TIRS$

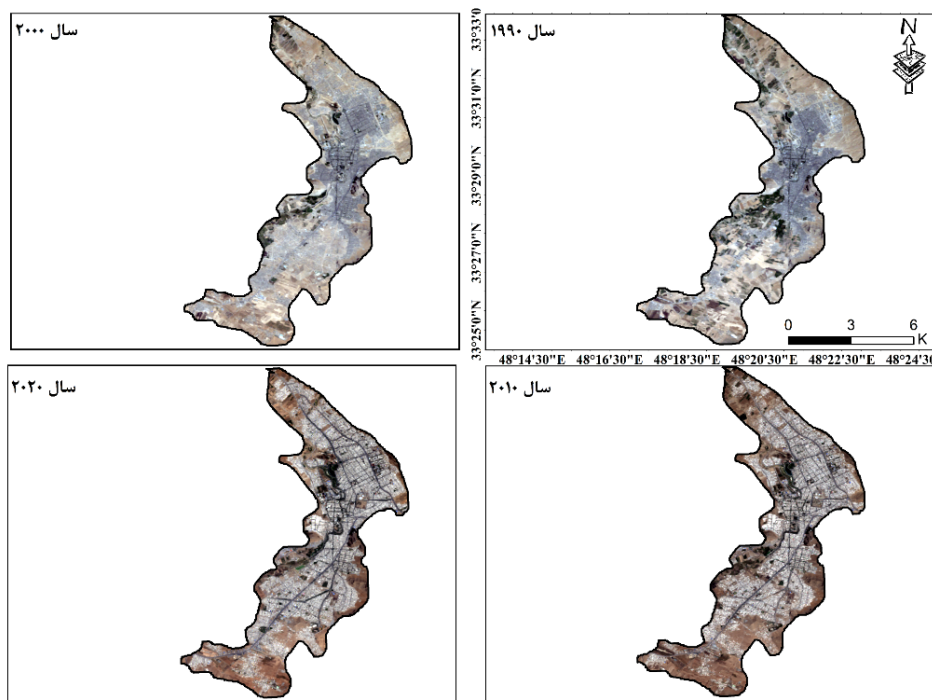
۲۰۲۰ یک روند رو به رشد و گسترش را داشته است. همانطور که در شکل ۴- دیده می شود، مساحت بافت شهری (Built Up) استخراج شده از دو سنجنده TM لندست ۵ و OLI لندست ۸، طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰، ارائه شده است. نتایج حاصل از استخراج بافت شهری محدوده شهر خرم آباد نشان داد که در سال ۱۹۹۰، مساحت بافت شهری یا پیکسل های نشان دهنده محدوده های ساخت و ساز

یافته های تحقیق

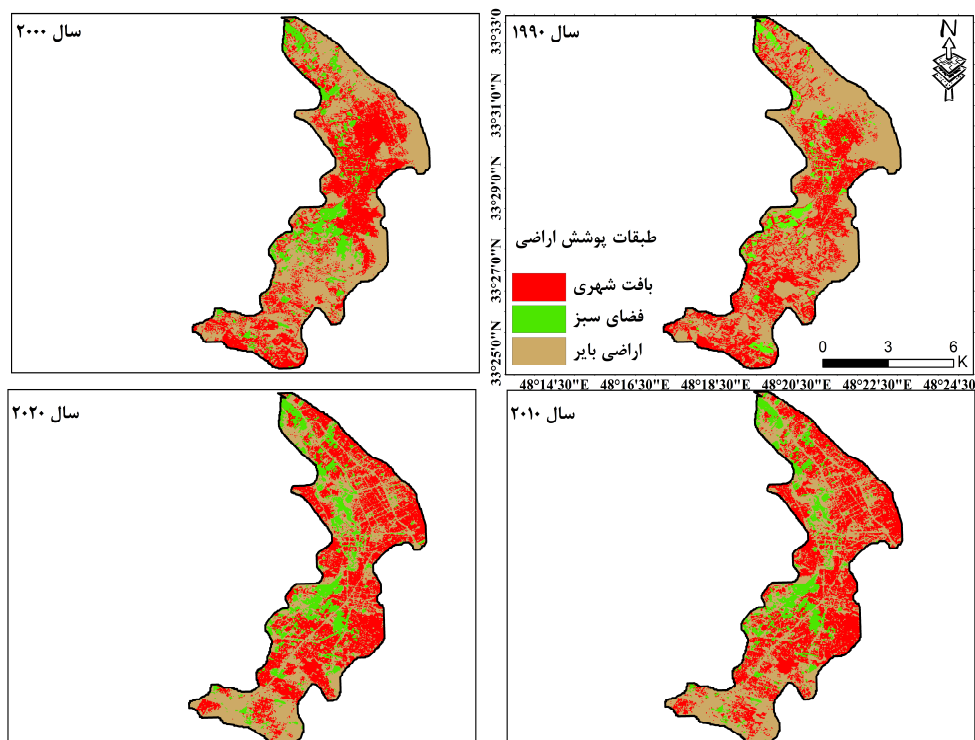
در شکل ۳ تصویر ترکیب مرئی بافت شهر خرم آباد در مقیاس دهه ای طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ ارائه شده است. این تصویر مرئی با استفاده از باندهای ۱ تا ۳ سنجنده TM لندست ۵ و ۲ تا ۴ سنجنده OLI لندست ۸ استخراج شده است. همانطور که در این شکل دیده می شود، یک ارزیابی بصری نشان می دهد که بافت شهری خرم آباد طی دوره آماری ۱۹۹۰ تا

شهری خرم آباد نسبت به دو دوره قبل کمتر بوده است و در این دهه بافت شهری تنها ۱۳ درصد رشد داشته است و به ۲۶۰۰ هکتار رسیده است. در کنار رشد بافت شهری خرم آباد، فضای سبز شهر نیز طی دوره مورد بررسی از ۱۵۷ هکتار در سال ۱۹۹۰ به ۴۴۴ هکتار در سال ۲۰۲۰ رسیده است و با یک افزایش ۱۸۰ درصدی روبرو بوده است. افزایش فضای سبز عموماً در بخش‌های مرکزی و جنوبی شهر به صورت توسعه فضاهای سبز موجود بوده است. با این حال سرانه فضای سبز در شهر خرم آباد حدود ۱۱ متر مربع است که این مقدار نسبت به استاندارد کشوری، ۴ متر کمتر است.

شده، ۱۲۰۰ هکتار بوده است که این مساحت ۲۸ درصد از حریم ۴۲۰۰ هکتاری شهر خرم آباد را به خود اختصاص داده است. در دهه منتهی به سال ۲۰۰۰ یعنی در فاصله سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۰، بافت شهری خرم آباد با یک افزایش ۶۰۰ هکتاری به ۱۸۰۰ هکتار رسیده است و ۴۳ درصد از مساحت حریم شهری را تشکیل داده است. در دهه سوم مورد بررسی یعنی طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۰ مساحت بافت شهری خرم آباد حدود ۵۰۰ هکتار دیگر افزایش داشته است و به ۲۳۰۰ هکتار رسیده است که بیانگر ایجاد یک رشد ۲۷ درصدی در مساحت بافت کالبدی شهر است اما در دهه منتهی به سال ۲۰۲۰ رشد بافت



شکل ۳- تصویر ترکیب مرئی بافت شهر خرم آباد در مقیاس دهه ای طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ مستخرج از باندهای RGB سنجنده های TM لندست ۵ و OLI لندست ۸



شکل ۴- بافت شهر خرم آباد در مقیاس دهه‌ای طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ استخراج شده با استفاده از شاخص استاندارد NDBI سنجنده‌های TM لندست ۵ و OLI لندست ۸

معنی است در دهه مذکور اراضی بایر محدوده شهر خرم آباد با یک کاهش ۲۸ درصدی روبرو بوده است در دهه دوم مورد بررسی یعنی ۲۰۱۰-۲۰۰۰، مساحت اراضی بایر محدوده شهر، مجدداً با یک کاهش ۲۹ درصدی روبرو بوده است و مساحت آن به ۱۳۰۰ هکتار رسیده است. در دهه سوم مورد مطالعه نیز یعنی ۲۰۲۰-۲۰۱۰، اراضی بایر محدوده شهر خرم آباد با یک کاهش ۴۰۰ هکتاری به ۹۰۰ هکتار رسیده است.

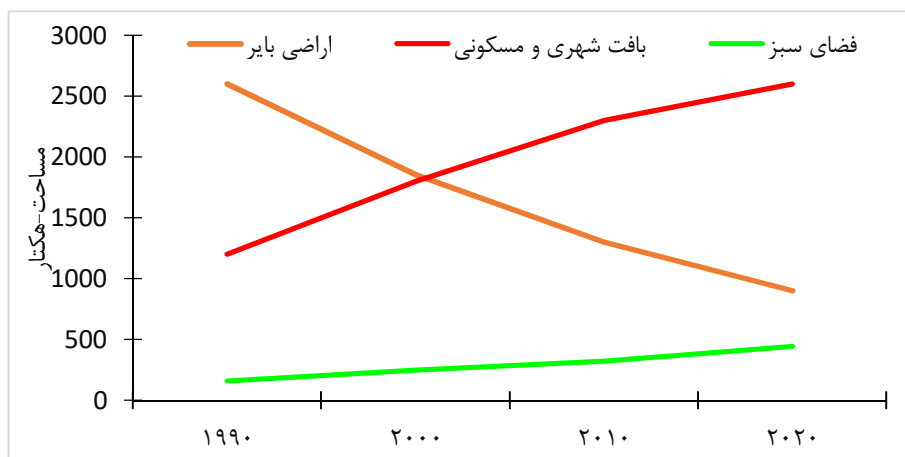
اما همزمان با رشد دو کاربری بافت شهری و فضای سبز در محدوده شهر خرم آباد، از مساحت اراضی بایر محدوده شهر، کاسته شده است. همانطور که در جدول ۱ دیده میشود، در سال ۱۹۹۰ مساحت اراضی بایر محدوده شهر خرم آباد حدود ۲۶۰۰ هکتار به دست آمده است که برابر ۶۱ درصد کل مساحت محدوده شهر خرم آباد بوده است، در دهه ۱۹۹۰-۲۰۰۰ مساحت این پوشش حدود ۷۵۰ هکتار کاسته شده و به ۱۸۵۰ هکتار رسیده است که به این

جدول ۱- تغییرات دهه ای مساحت هر کدام از کاربری های محدوده شهری شهر خرم آباد طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۰ مستخرج از تصاویر سنجنده‌های TM لندست ۵ و OLI لندست ۸

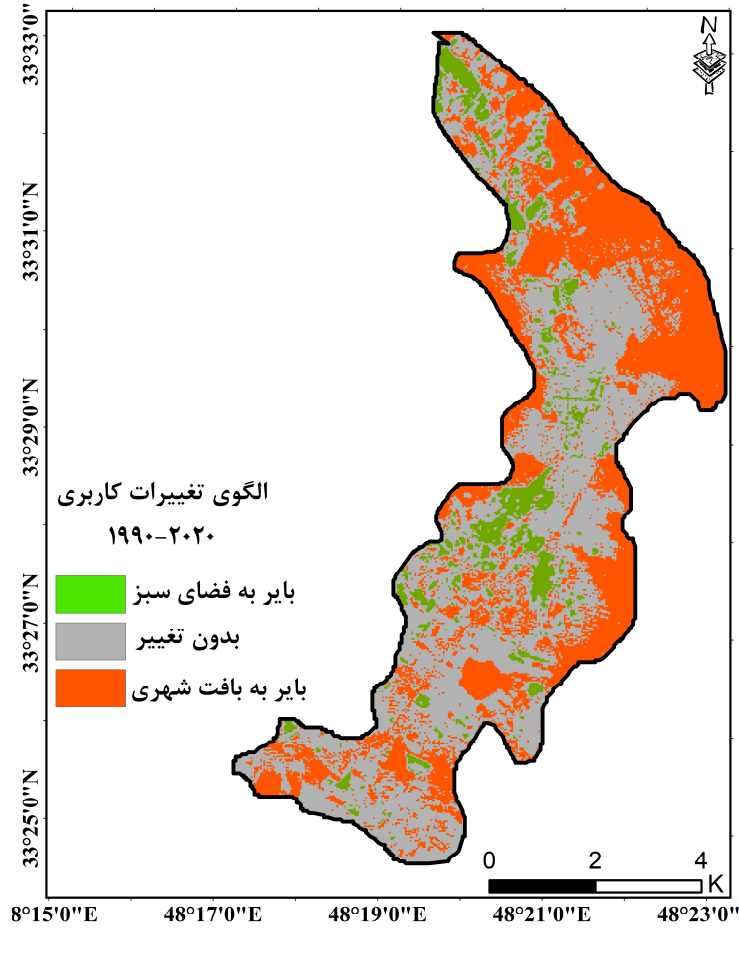
طبقه پوشش اراضی	اراضی بایر	بافت شهری	فضای سبز
۱۹۹۰- مساحت(هکتار) / درصد تغییرات	۲۶۰۰ *	۱۲۰۰ *	۱۵۷
۲۰۰۰ مساحت(هکتار) / درصد تغییرات	۱۸۵۰ -۲۸ درصد	۱۸۰۰ +۵۰ درصد	۲۵۰ +۵۹ درصد
۲۰۱۰ مساحت(هکتار) / درصد تغییرات	۱۳۰۰ -۲۹ درصد	۲۳۰۰ +۲۷ درصد	۳۲۰ +۲۸ درصد
۲۰۲۰ مساحت(هکتار) / درصد تغییرات	۹۰۰ -۳۰ درصد	۲۶۰۰ +۱۳ درصد	۴۴۴ +۳۸ درصد

شده است. الگوی عمده اول تبدیل اراضی بایر به بافت شهری است. این الگو عموماً در بخش‌های شمال شرق و حواشی شرقی شهر دیده می‌شود. با توجه به اینکه در بخش‌های غربی شهر عموماً محدودیت توپوگرافیک برای گسترش شهر وجود دارد، لذا بافت کالبدی شهر عموماً در اراضی بایر حواشی شرقی و مرکزی شهر توسعه پیدا کرده است. الگوی غالب دوم آشکار شده پهنه‌های بدون تغییر هستند. این پهنه‌ها در واقع همان محدوده شهری خرم‌آباد در سال ۱۹۹۰ هستند که تغییری نداشته‌اند و عموماً شامل بخش‌های مرکزی شهر است. در بخش‌های جنوبی نیز بخش‌هایی از اراضی بایر وجود دارد که این اراضی هم در سال ۲۰۲۰ تغییری پیدا نکرده‌اند و لذا در این طبقه بدون تغییر قرار گرفته است. در نهایت بخش‌هایی از اراضی بایر در بخش‌های شمالی و مرکزی شهر برای ایجاد و توسعه فضای سبز شده است به نحوی که فضای سبز محدوده شهر (اعم از کمربند سبز شهر و بوستان‌های داخل شهر) از ۱۵۷ هکتار به ۴۴۴ هکتار در سال ۲۰۲۰ رسیده است.

همانطور که در شکل ۵ دیده می‌شود، طی دوره ۳۰ ساله ۱۹۹۰-۲۰۲۰ در محدوده شهری خرم‌آباد، دو کاربری فضای سبز و بافت شهری روندی افزایشی داشته است در حالی که کاربری اراضی بایر روند کاهشی پیدا کرده است. این روند آشکار شده می‌تواند در راستای طرح‌های جامع و تفصیلی شهر خرم‌آباد بوده و اراضی بایر که عموماً اراضی فریز شده جهت گسترش آبی شهر هستند، تبدیل به کاربری‌های شهری یا فضای سبز شده‌اند. به‌طور کلی طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۰ اراضی بایر با یک کاهش ۱۷۰۰ هکتاری روبرو بوده است و از طرف دیگر بافت شهری محدوده شهر خرم‌آباد با یک افزایش ۱۴۰۰ هکتاری روبرو بوده است و فضای سبز نیز با یک افزایش ۲۸۷ هکتاری روبرو بوده است. براین اساس به‌طور کلی ۱۶۸۷ هکتار اراضی بافت شهری و فضای سبز در محدوده شهری ایجاد شده است که این تغییر کاربری از کاهش ۱۷۰۰ هکتاری اراضی بایر ناشی شده است. در شکل ۶ آشکارسازی الگوی تغییرات کاربری اراضی شهری خرم‌آباد دیده می‌شود، سه الگوی تغییر در محدوده شهری طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ آشکار



شکل ۵- روند دهه‌ای تغییرات سه طبقه پوشش اراضی محدوده شهر خرم‌آباد طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ استخراج شده با استفاده از سنجنده‌های TM لندست ۵ و OLI لندست ۸



شکل ۶- الگوی تغییرات سه طبقه کاربری اراضی محدوده شهر خرم آباد طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ استخراج شده با استفاده از سنجنده‌های TM لندست ۵ و OLI لندست ۸

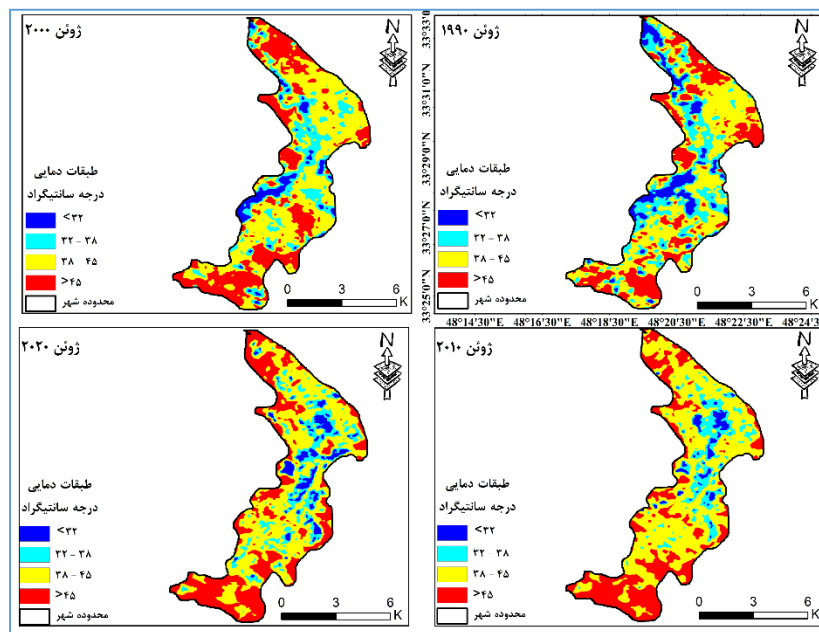
شهر و باغات و یا اراضی کشاورزی آبی حاشیه شهر بوده است. میانگین دمای سطح زمین روی این پیکسل‌ها در ژوئن سال ۱۹۹۰ حدود ۳۱ درجه سانتیگراد بوده است در ژوئن سال ۲۰۱۰ و ۲۰۰۰ میانگین فضایی دمای سطح زمین روی این پوشش‌ها برابر ۳۰/۷ درجه سانتیگراد و در سال ۲۰۲۰ نیز برابر ۳۱ درجه سانتیگراد بوده است. براین اساس اختلاف دمای آشکار شده سطح زمین، بین کاربری بافت شهری (Built up) با بافت فضای سبز شهری یا اراضی کشاورزی و باغات حاشیه شهر بین ۱۰ تا ۱۳ درجه سانتیگراد بوده است. نکته قابل توجهی که در نقشه دمای سطح زمین دیده میشود این است که هسته های سرد دمایی عموماً در مرکز و نوار غربی شهر خرم آباد و متمرکز بر پیکسل های پوشش گیاهی ($NDVI > 0.25$) هستند. در همه سال های مورد بررسی در ماه ژوئن این پیکسل های دارای $NDVI > 0.25$ دارای دمای سطح زمین ۳۰ تا ۳۲ درجه سانتیگراد بوده اند که بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتیگراد با هسته های حرارتی شهر اختلاف دما ایجاد کرده و موجب تعدیل دمایی شده اند. پهنه های آبی از قبیل پارک و دریاچه کیو، در بخش شمال شهر (با مساحت ۱۷ هکتار)، تشکیل یک هسته سرد دمایی را داده و در طبقه دمایی کمتر از ۳۲ درجه سانتیگراد قرار گرفته است.

اما همانطور که در نقشه دمای سطح زمین مستخرج از باندهای حرارتی لندست ۵ و ۸ دیده شد، در محدوده شهر خرم آباد، اراضی بایر که فاقد پوشش گیاهی هستند و عموماً در حواشی جنوبی و شرقی و شمالی شهر قرار گرفته‌اند بالاترین میانگین دمایی را به خود اختصاص داده‌اند. این اراضی به‌طور متوسط طی دوره آماری مورد بررسی در ماه ژوئن (روزهای منتخب) دارای میانگین دمایی ۴۸ درجه سانتیگراد بوده‌اند که حدود ۵ الی ۶ درجه سانتیگراد از میانگین فضایی بافت شهری گرمتر بوده‌اند. در جدول ۳- میانگین فضایی دمای سطح زمین برای ماه ژوئن هر کدام از سال‌های مورد بررسی بر روی بافت شهری خرم‌آباد ارائه شده است. میانگین دمای سطح بافت شهری

در شکل ۷ دمای استخراج شده سطح زمین برای روزهای منتخب ماه ژوئن با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا (SW) روی باندهای حرارتی سنجنده‌های TM و TIRS لندست ۵ و ۸ برای محدوده شهر خرم آباد ارائه شده است. همانطور که در این شکل مشاهده می‌گردد، طبقه دمایی کمتر از ۳۳ درجه سانتیگراد، عموماً در بخش مرکزی و شمالی شهر جایی که فضای سبز شهر خرم آباد و یا باغات حاشیه شهر متمرکز است، ایجاد شده است. داغترین بخش‌های محدوده شهر خرم آباد در ماه ژوئن عموماً بر بافت های شهری استخراج شده متمرکز نیستند بلکه روی اراضی بایر و فاقد پوشش گیاهی که در حاشیه شمالی و جنوبی شهر قرار دارند، ایجاد شده‌اند. این هسته‌های حرارتی گرم که روی اراضی بایر آشکار شده‌اند در ماه ژوئن دمایی بین ۴۵ تا ۵۰ درجه سانتیگراد داشته‌اند که در شکل ۴ با دماهای بالاتر از ۴۵ درجه مشخص شده‌اند. بافت شهری خرم آباد عموماً در طبقه دمایی ۳۸-۴۵ درجه سانتیگراد آشکار شده است. دمای سطح زمین در روز ۲۷ ماه ژوئن سال ۱۹۹۰ در سطح بافت شهری خرم آباد به طور متوسط ۴۰ درجه سانتیگراد بوده است، در حالی که در ۲۲ ژوئن سال ۲۰۰۰ این میانگین فضایی دمای سطح زمین در سطح بافت شهری خرم آباد به ۴۲ درجه سانتیگراد رسیده است. در سال ۲۰۱۰، که تصویر حرارتی سنجنده TM لندست ۵ برای روز ۲۶ ژوئن ۲۰۱۰ اخذ شد، نشان داد که میانگین فضایی دمای سطح زمین که با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا از باند ۶ سنجنده TM استخراج شده بود، در سطح بافت شهری خرم آباد برابر ۴۲ درجه سانتیگراد بوده است که نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایشی نشان نداده است. اما در سال ۲۰۲۰، تصویر باند حرارتی سنجنده TIRS لندست ۸ برای روز ۲۷ ژوئن بیانگر آن بود که میانگین فضایی دمای سطح زمین روی بافت شهری خرم آباد برابر ۴۳/۱ سانتیگراد بوده است که نسبت به سال ۲۰۱۰ با یک افزایش ۱/۱ درجه سانتیگرادی روبرو بوده است. در نقشه های شکل ۵ دیده می‌شود، کمینه دمای سطح زمین در سطح شهر مربوط به فضاهای سبز شهری شامل پارک‌های داخل

شهری (BU)، پیکسل های پوشش دهنده محدوده شهر خرم آباد بود، بیانگر آن بود که همبستگی بین دو شاخص LST (دمای سطح زمین) و BU (مقدار شاخص بافت شهری)، در ژوئن سال ۱۹۹۰، برابر ۰/۴۷ در ژوئن سال ۲۰۰۰، برابر ۰/۵۲ و در ژوئن سال ۲۰۱۰ به ۰/۷۵ و در نهایت در ژوئن سال ۲۰۲۰ به ۰/۵۹ رسیده است که همه این همبستگی ها در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value = 0.05) معنی دار بوده است.

خرم آباد در روز ۲۷ ژوئن ۱۹۹۰، برابر ۴۰ درجه سانتیگراد بوده است که در روز مشابه در همین ماه در سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ به ۴۲ درجه سانتیگراد افزایش پیدا کرده است و در سال ۲۰۲۰ که بافت شهری خرم آباد با یک افزایش ۱۳ درصدی نسبت به سال ۲۰۱۰ روبرو بوده است، میانگین دمای این بافت نیز ۱/۱ درجه افزایش نشان داده و ۴۳/۱ درجه سانتیگراد رسیده است. ماتریس همبستگی فضایی که مبتنی بر مقادیر دمای سطحی و مقدار شاخص بافت



شکل ۷- دمای استخراج شده سطح زمین برای روزهای منتخب ماه ژوئن با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا (SW) روی باندهای حرارتی سنجنده های TM و TIRS لندست ۵ و ۸ برای محدوده شهر خرم آباد

جدول ۲- میانگین فضایی دمای سطح زمین در بافت شهری خرم آباد در ماه ژوئن سال های ۱۹۹۰-۲۰۲۰، و ماتریس همبستگی فضایی بین پیکسل های

آماره معنی داری Sig در سطح اطمینان (P_value = 0.05) ۰/۹۵	ضریب همبستگی فضایی بین پیکسل های بافت شهری و دمای سطح زمین	میانگین فضایی دما در طبقه بافت شهری-درجه سانتیگراد	
۰/۰۰	۰/۴۷	۴۰	۱۹۹۰
۰/۰۰	۰/۵۲	۴۲	۲۰۰۰
۰/۰۰	۰/۷۵	۴۲	۲۰۱۰
۰/۰۰	۰/۵۹	۴۳/۱	۲۰۲۰

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در سه دهه اخیر، رشد و گسترش بافت‌های شهری به ویژه در اراضی مرتعی، کشاورزی و باغات حاشیه شهر، یکی از مهمترین و بارزترین جلوه‌های تغییرات کاربری اراضی در سطح کلانشهرهای کشور بوده است. آگاهی و پایش اثرات محیطی و اقلیم‌شناختی این تغییرات عمده کاربری اراضی می‌تواند در کنترل و مدیریت بسیاری از مخاطرات اقلیم شهری تاثیر قابل توجهی داشته باشد. در این تحقیق نتایج حاصل از پایش تغییرات کالبدی بافت شهری خرم‌آباد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ نشان داد که بافت شهری خرم‌آباد طی دوره ۳۰ ساله با یک رشد مستمر به ویژه در بخش‌های حاشیه شرقی و جنوبی شهر روبرو بوده است. به طور تجمعی مشخص گردید که بافت شهری خرم‌آباد در انتهای دوره یعنی سال ۲۰۲۰ حدود ۴۱ درصد (۸۲۸ هکتار) نسبت به سال ۱۹۹۰ گسترش داشته است که این گسترش عموماً در اراضی کشاورزی و باغات حاشیه شهر خرم‌آباد بوده است. بیشترین روند افزایش بافت شهری خرم‌آباد در دهه ۲۰۰۰-۲۰۱۰ دیده شد که در این دهه بافت شهری خرم‌آباد با یک رشد ۱۷ درصدی روبرو بود. از طرف دیگر، بررسی ساختار و وضعیت دمای سطح زمین در ماه ژانویه در سطح بافت شهری

خرم‌آباد نیز با استفاده از تصاویر حرارتی دو سنجنده TM و TIRS، ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ نشان داد که در روزهای آخر ژوئن ۴ سال مورد بررسی، به طور کلی میانگین دمای بافت شهری بین ۴۰ تا ۴۴ درجه سانتیگراد بوده است. در حالی که هسته بیشینه دما یعنی دماهای ۴۵ تا ۴۹ درجه سانتیگراد بر روی اراضی بایر و فاقد پوشش گیاهی در حواشی شهر خرم‌آباد متمرکز بوده است و اراضی فضای سبز و باغات و اراضی کشاورزی حواشی شهر خرم‌آباد دمای بین ۳۳ تا ۳۵ درجه سانتیگراد داشته اند. در این تحقیق دیده شد که اولاً میانگین دمای سطح بافت شهری، حدود ۱۱/۵ درجه سانتیگراد از فضای سبز داخل شهر یا اراضی باغی حواشی شهر، بالاتر بوده است و دوماً همزمان با گسترش بافت شهری، دمای سطح این بافت از ۴۱ درجه در سال ۱۹۹۰ به ۴۳/۱ درجه در سال ۲۰۲۰ رسیده است.

ارائه پیشنهاد و راهکار جهت حل مشکلات و

مسائل مطروحه

پیشنهاد می‌گردد برای تعدیل تنش‌های حرارتی آینده به سرانه فضای سبز در سطح شهر و توزیع فضای مناسب آن و نیز اولویت بندی اراضی مرغوب کشاورزی جهت جلوگیری از تغییر کاربری اقدام گردد.

منابع

۱. امیدوار، کمال، موید فر، سعید، فاطمی، مهران، نارنگی‌فرد، مهدی. ۱۳۹۹. ارزیابی ارتباط کاربری اراضی شهری و جزایر حرارتی مطالعه موردی: شهر بیابانی یزد، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال ۱۳، شماره ۴۷، صص ۱-۱۷.
۲. خدمت زاده، علی، موسوی، میر نجف، محمدی ترکمانی، حجت، محمدی، میرصادق. ۱۴۰۰. تحلیلی بر تغییرات کاربری زمین و شکل‌گیری جزایر حرارتی در حریم شهر ارومیه با استفاده از سنجش از دور، فصلنامه علمی برنامه ریزی منطقه‌ای، سال ۱۱، شماره ۴۱، صص ۱۱۹-۱۳۴.
۳. درویشی، شادمان، رشید پور، مصطفی، سلیمانی، کریم. ۱۳۹۸. بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای
۴. زمردیان، جعفر. ۱۳۸۶. کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی، دانشگاه پیام نور، تهران.
۵. شعبانی، مرتضی، درویشی، شادمان، سلیمانی، کریم. ۱۳۹۸. بررسی آثار تغییرات کاربری اراضی بر الگوهای زمانی- مکانی دمای سطح زمین و جزایر حرارتی مطالعه موردی: شهرستان سقز، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۷۳، ۳۰(۱)، صص ۳۵-۵۳.
۶. طحانی یزدلی، مصطفی، روستا، ایمان، عبدالعظیمی، هادی. ۱۴۰۲. تحلیل رابطه تغییرات زمانی دمای سطح زمین با الگوی فضایی تغییرات کاربری اراضی در راستای پایداری محیطی (مطالعه موردی: شهر کاشان). جغرافیا و پایداری محیط، ۱۳(۱)، ۲۰-۱.

- during 1990–2030. *Atmosphere*. 2023; 14(4):741. <https://doi.org/10.3390/atmos14040741>
14. Mansourmoghaddam M, Naghipur N, Rousta I, Alavipanah SK, Olafsson H, Ali AA., 2023. Quantifying the Effects of Green-Town Development on Land Surface Temperatures (LST) (A Case Study at Karizland (Karizboom), Yazd, Iran). *Land*. 2023; 12(4):885. <https://doi.org/10.3390/land12040885>
 15. Pal. Swades, Ziaul. S K, 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) 1,125-145. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.11.003>
 16. Rizwan. Ahmed Memon, Dennis. Leung Yc, Chunho. Liu, 2008, A review on the generation, determination and mitigation. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1) ,120-128. [https://doi.org/10.1016/S10010742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/S10010742(08)60019-4)
 17. Wang. Ran, Cai. Meng, Ren. Cho, Bechtel. Benjamin, Xu. Yong, Ng. Edward, 2019, Detecting multitemporal land cover change and land surface temperature in Pearl River Delta by adopting local climate zone. *Urban Climate*, 28,1-16. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100455>
 18. Zaki. Rafat, Zaki. Abotalib, Ahmed Saad, 2011, Land use and land cover changes in arid region: The case new urbanized zone, northeast cairo egypt. *Journal of Geographic Information System*, 3(3), 173-194. DOI: [10.4236/jgis.2011.33015](https://doi.org/10.4236/jgis.2011.33015)
 19. Zamardian, J. 2003. Application of natural geography in urban and rural planning, Payam Noor University, Tehran, 14.
 ۷. نادری زاده شورابه، سامان، حمزه، سعید، کیاوز، مجید، افشاری پور، سید کاظم . ۱۳۹۷. بررسی تغییرات زمانی - مکانی کاربری اراضی گسترش شهری و تاثیر آن بر دمای سطح زمین، مطالعه موردی شهر گرگان، نشریه پژوهش‌های جغرافیا و برنامه ریزی شهری، ۶، ۳، صص ۵۴۵-۵۶۸.
 8. Badugua. Ajay, Arunaba. K.S., Aneesh. Mathewa, P., Sarwesh, 2022. Spatial and temporal analysis of urban heat island effect over Tiruchirappalli city using geospatial techniques. *Geodesy and Geodynamics*, 3(14), 275-291. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2022.10.004>
 9. Bokaie. Mehdi, Zarkesh. Mirmasoud, Arasteh. Peyman, Hosseini. A. 2016, Assessment of Urban Heat Island based on the relationship between land surface temperature and Land Use/Land Cover in Tehran. *Sustainable Cities and Society*, 23, 94-104. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.03.009>
 10. Cheval. Sorin, Dumitrescu. Alexanru, 2015. the summer surface urban heat island of Bucharest (Romania) retrieved from MODIS images. *Theoretical and applied climatology*, 121(3-4), 631-640. doi:10.1007/s00704-014-1250-8
 11. Dai. Hui, Zhang. Xuezheng, Hu. Zhaoling, 2017, Urbanization induced land use and cover changes in Xuzhou. *Geosciences Research*, 2(3), 172-179.
 12. Gupta A., Moniruzzaman Md, Hande A., Rousta I., Olafsson H. & Kumar K.M., 2020, Estimation of particulate matter (PM2.5, PM10) concentration and its variation over urban sites in Bangladesh, *SN Appl. Sci.*, 2(1993).
 13. Mansourmoghaddam M, Rousta I, Cabral P, Ali AA, Olafsson H, Zhang H, Krzyszcak J. 2023, Investigation and Prediction of the Land Use/Land Cover (LU/LC) and Land Surface Temperature (LST) Changes for Mashhad City in Iran

