

بررسی جزایر حرارتی شهری و ارتباط آن با شرایط آلودگی هوا و شاخص‌های NDVI و NDBI در شهر اراک

مهرداد هادی پور^۱

حمید دارابی^۲

علی اکبر داودی راد^۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۱/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۱۰/۰۹

چکیده

درک توزیع مکانی و زمانی دمای سطح زمین یا LST جهت یافتن عوامل ایجاد آن، در مدیریت محیط زیست شهری امری ضروری خواهد بود. از این رو هدف از پژوهش حاضر، تجزیه و تحلیل کمی جزایر حرارتی یا UHI شهر اراک و بررسی ارتباط بین شاخص‌های NDVI، NDBI و آلودگی هوا با LST، با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM، ETM+ و OLI می‌باشد. ابتدا بر روی تصاویر پیش‌پردازش‌های لازم جهت تهیه نقشه کاربری با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده انجام شد و کاربری‌های اراضی موجود در محدوده مورد مطالعه شامل: مراتع فقیر، مراتع متوسط، مراتع خوب، اراضی بایر، دریاچه شور، اراضی کشاورزی و اراضی مسکونی استخراج شدند. سپس تصاویر مورد استفاده برای تهیه شاخص‌های NDVI و NDBI به بازتاب جو تبدیل و دمای سطح زمین با استفاده از روش مؤسسه علوم پروژه لندست در محیط GIS تهیه شدند. آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف، t جفتی و آزمون همبستگی پیرسون جهت آنالیزهای آماری شاخص‌های سنجش از دور و داده‌های کیفیت هوا استفاده شدند. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد، تمامی شاخص‌های سنجش از دور از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. نتایج آزمون t جفتی، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در تمام کاربری‌ها بجز کاربری مسکونی با کاربری دریاچه شور در شاخص‌های LST و NDVI و همچنین وجود اختلاف معنی‌دار در تمام کاربری‌های موجود در محدوده مورد مطالعه برای شاخص NDBI بود. همچنین نتایج آزمون t جفتی برای متغیر دمای هوای و LST، نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین تمام کاربری‌ها با کاربری مسکونی وجود ندارد و همبستگی بین دمای هوا با LST و داده‌های کیفیت هوا شامل ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار بود. نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن بود که استفاده از داده‌های سنجش از دور می‌تواند نقش مهمی در مدیریت فضای شهری داشته باشد به نحو کارآمدی مدیران شهری را در برنامه‌ریزی فضای شهری یاری رساند.

واژه‌های کلیدی: ماهواره لندست، دمای سطح زمین، کاربری اراضی، ذرات معلق، آزمون t جفتی.

۱- دانشیار دانشکده علوم زیستی، دانشکده خوارزمی (نویسنده مسئول) mhadipour50@yahoo.com

۲- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی

۱- مقدمه

حرارتی شهری بر روند تغییرات ریزش‌های جوی شهر مشهد نشان می‌دهد که در ایستگاه مشهد تغییرات دمایی ناشی از جزایر حرارتی با روند تغییرات بارندگی ارتباط معنی‌داری دارد و با اطمینان قابل قبول می‌توان تأثیر جزایر حرارتی را بر روی بارندگی شهر مشهد پذیرفت.

تحقیقات المدرسی و همکاران (۱۳۹۳) روی پهنه‌بندی و مقایسه دمای سطح زمین را در استان مازندران با استفاده از تصاویر لندست ۸ حاکی از آن است که نقشه LST تهیه شده با باند حرارتی ۱۱ از دقت بالاتری نسبت به باند حرارتی ۱۰ برخوردار می‌باشد. همچنین نتایج تحقیق حاجیلو و همکاران (۱۳۹۳) در رابطه کاربری اراضی با دمای سطح زمین در شهر قم با استفاده از تصاویر سنجنده OLI حاکی از آن است که جزایر حرارتی مهم صنعتی شهر قم به سمت بخش‌هایی از حومه منتقل و گسترش می‌یابد. بررسی وانگ و همکاران (۲۰۱۵) در خصوص اثر جزایر حرارتی شهری در شهر تورنتو نشان می‌دهد که فرم شهری به ویژه مناطق متراکم شهری، نقش قابل توجهی در آسایش حرارتی شهری ایفا می‌کنند.

نتایج حاصل از تحقیق کومار و شیکار (۲۰۱۵) ارتباط بین شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین شهر کالابورگی واقع در کشور هند را نشان می‌دهد که اثر جزایر حرارتی در شهر کالابورگی عمده‌تاً در مناطق حومه شهری به ویژه در جنوب شرقی و شمال غربی می‌باشد. چن و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی شهرنشینی و جزایر حرارتی شهری پکن در کشور چین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست می‌پردازند. نتایج آنها ارتباط بالای بین توزیع دمای سطح زمین، پوشش گیاهی و سطح شهرنشینی را نشان می‌دهد. کیگون و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی جزایر حرارتی شهری شهر نویدا واقع در کشور هند با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چند زمانی می‌پردازند. نتایج حاصل از تحقیق آنها ارتباط بین NDVI^۳ و درجه حرارت را منفی، اما

با توسعه شهرنشینی، وسعت زیادی از مناطق کشاورزی و جنگل جای خود را به مناطق مسکونی، صنعتی و دیگر زیرساخت‌ها می‌دهند. از منظر چشم‌انداز، شهر روند تبدیل پوشش یا استفاده از زمین را نشان می‌دهد، این روند شامل تبدیل چشم‌انداز طبیعی شامل آب، خاک و گیاه به چشم‌انداز مصنوعی شامل سیمان، آسفالت، مواد شیمیایی، فلزات و دیگر عناصر می‌باشند. همچنان که چشم‌انداز مصنوعی جایگزین چشم‌انداز طبیعی می‌گردد، تغییر مواد سطح سبب یک سری از تغییرات بازتاب سطح، نگهداشت و انتقال گرما یا به عبارتی اثرات معنی‌دار بر آب و هوای محلی می‌گردد که یکی از آشناترین اثرات آن، جزایر حرارتی شهری یا UHI^۱ است (وانگ و همکاران ۲۰۱۲: استراترک ۲۰۰۲). جزایر حرارتی شهری محدوده‌ای است که به طور معنی‌داری گرم‌تر از مناطق مجاورش می‌باشد و باز نمود شاخصی از مشکلات محیط‌زیستی شهری می‌باشد (لیو و ژانگ ۲۰۱۱).

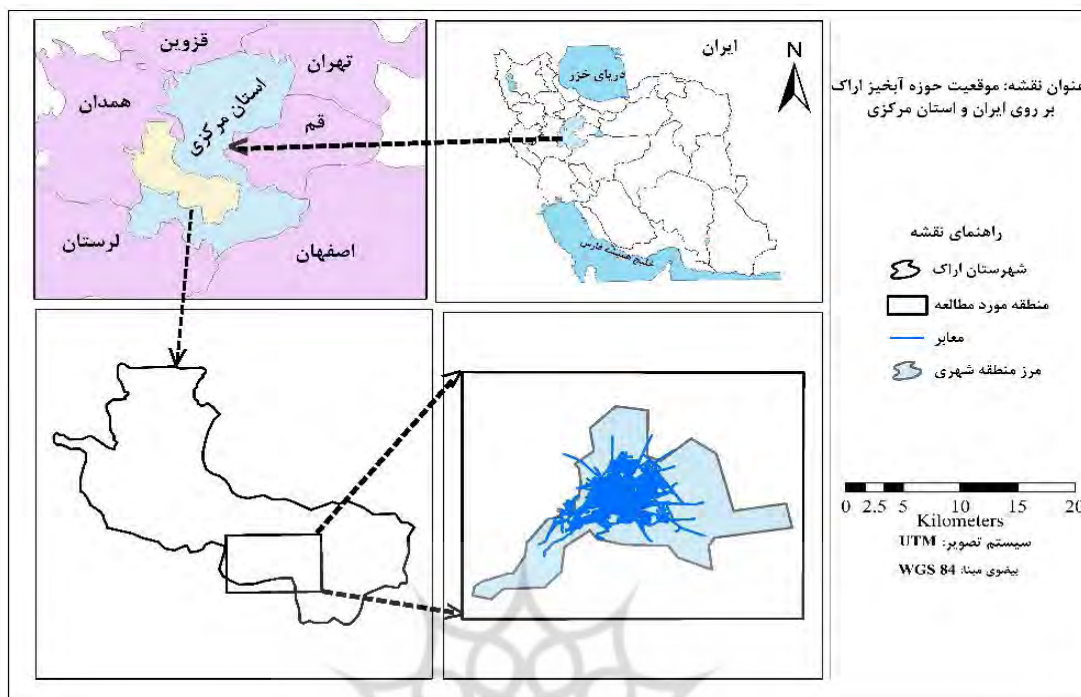
اثرات منفی جزایر حرارتی شهری نه تنها منجر به کاهش کیفیت هوا، اثرات بر میزان بارندگی و افزایش آلودگی می‌شود، بلکه تهدیدی برای سلامت جسمانی و روحی ساکنین و کیفیت حیات آنها می‌باشد (وانگ و همکاران ۲۰۱۲). در طی چند سال اخیر بسیاری از محققین بر روی استراتژی‌های ممکن برای کاهش UHI^۱ در مقیاس شهری تمرکز کردند (سایلو ۲۰۱۴؛ وانگ و اکبری ۲۰۱۵). بنابراین مدل‌سازی روابط بین ساختمان‌ها و محیط اطراف یک امر چند جانبه و ضروری برای بررسی آب و هوایی شهری و آسایش حرارتی می‌باشد (تالب و تالب ۲۰۱۴).

از این‌رو درک توزیع و تنوع مکانی دمای سطح زمین یا LST^۲ برای پیدا کردن عامل آن و ارائه راه حل ممکن، مفید می‌باشد (مورگان و همکاران ۱۹۹۵). نتایج حاصل از تحقیق غضنفری مقدم و همکاران (۱۳۸۹) در خصوص اثر جزایر

1 - Urban Heat Island

2 - Land Surface Temperature

3 - Normalized Difference Vegetation Index



نگاره ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه بر روی ایران و استان مرکزی

در جهت کاهش اثرات جزایر حرارتی شهری در شهر اراک اقدامات مفید و زیربنایی را انجام دهند.

ارتباط بین NDBI، بازتاب و درجه حرارت را مثبت نشان می‌دهد. با بررسی پژوهش‌های داخلی و خارجی مشخص می‌شود که استفاده از علم سنجش از دور و بکارگیری سنجنده‌های مختلف، ابزاری مناسب جهت بررسی جزایر حرارتی شهری می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

شهرستان اراک در در فاصله ۲۸۸ کیلومتری جنوب غربی استان تهران و مرکز استان مرکزی در بین عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۱ دقیقه و ۳۰ ثانیه شرقی واقع شده است. شهرستان اراک از شمال به شهرستان ساوه، از شمال غربی به همدان و از مغرب به شهرستان ملایر، خمین، و الیگودرز و از شرق به محلات و از شمال شرقی به تفرش و آشتیان محدود می‌باشد.

بنابراین با توجه به مفاهیم و موارد بررسی شده، هدف از تحقیق حاضر استفاده از داده‌ها و تکنیک سنجش از دور جهت شناسایی انواع کاربری‌های اراضی و استخراج شاخص‌های NDVI، NDBI، دمای سطح زمین و جزایر حراتی در محدوده شهرستان اراک و بررسی ارتباط داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای با داده‌های مشاهده‌ای دمای هوای ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک اراک و کیفیت هوا می‌باشد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر می‌تواند برای برنامه‌ریزان محیطی، ناحیه‌ای و شهری، سازمان‌های حفاظت محیط زیست و محققین علوم شهری، کشاورزی و اقتصاد سودمند باشد و به مسئولین و برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا

۲-۱- روش پژوهش

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده شامل تصاویر سری ماهواره‌های لندست ۵، ۷ و ۸ به ترتیب مربوط به سنجنده‌های TM⁺، ETM⁺ و OLI بودند و از سایت سازمان زمین‌شناسی

جدول ۱: تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده برای تهیه نقشه‌های LST, NDVI, NDBI

شماره گذر و ردیف	قدرت تفکیک مکانی بر حسب متر	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	سنجنده	ماهواره
۱۶۵/۳۶	۳۰	۱۹۸۶/۶/۲۲	۱۳۶۵/۴/۱	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۱۹۸۸/۷/۱۴	۱۳۶۷/۴/۲۳	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۱۹۹۰/۶/۲۵	۱۳۶۹/۴/۴	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۱۹۹۲/۷/۹	۱۳۷۱/۴/۱۸	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۱۹۹۴/۷/۲۷	۱۳۷۳/۵/۵	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۱۹۹۶/۷/۱۴	۱۳۷۵/۴/۲۳	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۱۹۹۸/۷/۱۷	۱۳۷۷/۴/۲۶	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۲۰۰۰/۶/۱۰	۱۳۷۹/۱۰/۲۰	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۲۰۰۲/۵/۲۵	۱۳۸۱/۴/۵	ETM+	لندست ۷
۱۶۵/۳۶	۳۰	۲۰۰۴/۷/۲۸	۱۳۸۳/۵/۶	ETM+	لندست ۷
۱۶۵/۳۶	۳۰	۲۰۰۶/۵/۲۸	۱۳۸۵/۳/۷	ETM+	لندست ۷
۱۶۵/۳۶	۳۰	۲۰۰۸/۶/۲۱	۱۳۸۷/۴/۱	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۲۰۱۰/۷/۲۶	۱۳۸۹/۵/۴	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۲۰۱۲/۷/۲۹	۱۳۹۱/۵/۷	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۲۰۱۴/۷/۱۶	۱۳۹۳/۴/۲۵	TM	لندست ۵
۱۶۵/۳۶	۳۰	۲۰۱۶/۶/۲۷	۱۳۹۵/۴/۷	OLI	لندست ۸

ایالات متحده آمریکا یا USGS^۱ با فرمت GeoTIFF^۲ تهیه گرفت، سپس تجزیه و تحلیل همبستگی ارتباط بین LST حاصل از داده‌های سنجنش از دور با دمای هوا اندازه‌گیری شده و ارتباط آن با شرایط آلودگی هوا با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک شهر اراک در زمان عبور ماهواره برای منطقه مورد مطالعه انجام شد.

در جدول ۱، تعداد ۱۶ فریم از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ از سری تصاویر ماهواره‌های لندست مربوط به محدوده مورد مطالعه تهیه شدند.

در مرحله بعد، برای بازیابی دمای سطح زمین تصاویر خام مورد نظر به تابش طیفی تبدیل و با استفاده از تابع پلانک، تابش طیفی نیز به دمای روشنایی سنجنده ماهواره مورد نظر تبدیل شد. با توجه به این که آگاهی از انتشار سطح زمین برای ارزیابی دمای سطح زمین مهم می‌باشد، شاخص پوشش گیاهی نیز محاسبه شد، سپس دمای سطح زمین با استفاده از روش مؤسسه علوم پروژه لندست بدست آمد. همچنین تجزیه و تحلیل تغییرات روند مکانی دمای سطح زمین با شاخص‌های NDVI و NDBI مورد بررسی قرار

در مرحله بعد، برای بازیابی دمای سطح زمین تصاویر خام مورد نظر به تابش طیفی تبدیل و با استفاده از تابع پلانک، تابش طیفی نیز به دمای روشنایی سنجنده ماهواره مورد نظر تبدیل شد. با توجه به این که آگاهی از انتشار سطح زمین برای ارزیابی دمای سطح زمین مهم می‌باشد، شاخص پوشش گیاهی نیز محاسبه شد، سپس دمای سطح زمین با استفاده از روش مؤسسه علوم پروژه لندست بدست آمد. همچنین تجزیه و تحلیل تغییرات روند مکانی دمای سطح زمین با شاخص‌های NDVI و NDBI مورد بررسی قرار

۲-۲- بازیابی دمای سطح زمین
در پژوهش حاضر، استخراج دمای سطح زمین در مراحل زیر انجام شد:
الف- شاخص‌های سنجنش از دور: بعد از عملیات پیش پردازش داده‌های خام، تصاویر منطقه مورد مطالعه برای انجام عملیات پردازش به بازتاب جو تبدیل شده و سپس منطقه مورد مطالعه از کل تصویر برش داده شد.
شاخص NDVI: شاخص NDVI یا شاخص نرمال شده پوشش گیاهی برای تخمین فراوانی پوشش گیاهی و بررسی ارتباط آن با دمای سطح زمین مورد استفاده قرار گرفت.

1 - United States Geological Survey

2 - Geo Tagged Image File Format

شاخص NDBI: شاخص نرمال شده ساختمان یکی از گسترده‌ترین شاخص‌های مورد استفاده جهت بررسی شرایط ساختمانی و استخراج مناطق مسکونی از مناطق غیرمسکونی است. شاخص‌های مذکور با استفاده از روابط ۱ و ۲ محاسبه شدند (ژا و همکاران، ۲۰۰۳؛ ونگ و همکاران، ۲۰۰۴) (همکاران، ۲۰۱۲):

$$LST = \frac{TB}{1+W} * \left(\frac{TB}{P}\right) * \ln(LSE) \quad (5) \quad NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

LST: دمای سطح زمین، TB: دمای روشنایی سنجنده ماهواره لندست، W: طول موج رادیانس تابشی، P: ثابت پلانک و LSE: توان تشعشی

$$NDBI = \frac{MIR - R}{MIR + R} \quad (2)$$

(ت) - توان تشعشی طیفی: برای منظور کردن توان تشعشی طیفی یا LSE^۲ از رابطه ۶ استفاده شد (سابرینو و همکاران، ۲۰۰۴):

در اینجا R: انعکاس باند قرمز NIR: انعکاس باند مادون قرمز نزدیک، MIR: انعکاس باند مادون قرمز میانی.

$$LSE = 0.004 * Pv + 0.986 \quad (6)$$

LSE: توان تشعشع طیفی و Pv: پوشش گیاهی نسبی است که مقدار آن بین صفر و یک می‌باشد و از طریق رابطه ۷ محاسبه شد (سابرینو و همکاران، ۲۰۰۴):

(ب) - تبدیل عدد رقومی به تابش طیفی: برای تبدیل داده‌های عدد رقومی^۱ DN به تابش طیفی از معادله ۳ استفاده شد (مؤسسه علوم پروژه لندست، ۲۰۰۲):

$$L\lambda = M_l * Q_{cal} + A_p \quad (3)$$

$$PV = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right)^2 \quad (7)$$

که در آن NDVI_{max}، مقدار NDVI برای ایده‌آل‌ترین شرایط موجود در منطقه از نظر پوشش گیاهی و NDVI_{min}، مقدار NDVI در حداقل شرایط پوشش گیاهی موجود در منطقه مورد مطالعه و NDVI نیز بیانگر مقدار عددی هر پیکسل با توجه به شرایط پوشش گیاهی آن می‌باشد.

Lλ: تابش طیفی، M_l: عامل تغییر ضریب باند مورد نظر، Q_{cal}: مقادیر پیکسل محصول استاندارد کالیبره شده و رقومی شده، A_p: عامل افزایشی باند مورد نظر. لازم به ذکر است که فایل MTL موجود در آرشیو تصاویر جهت دریافت اطلاعات طیفی و مکانی آنها مورد استفاده قرار گرفت.

(ث) - تبدیل تابش به بازتاب جو: تصاویر سنجنده ETM+ و OLI با استفاده از ضرایب بازتاب ارائه شده در فایل MTL آنها و با استفاده از رابطه ۸ به بازتاب جو تبدیل شدند.

(پ) - تبدیل تابش طیفی به دمای روشنایی سنجنده: برای تبدیل تابش طیفی به دمای روشنایی سنجنده، با توجه به تابع پلانک با در نظر گرفتن دو پارامتر K1 و K2 برای داده‌های ماهواره‌ای لندست، معادله ۴ استفاده شد (شاه‌محمدی، ۲۰۱۰؛ چن و همکاران، ۲۰۰۶):

$$\rho\lambda' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \quad (8)$$

$$TB = \frac{K_2}{\ln\left(1 + \frac{K_1}{L\lambda}\right)} \quad (4)$$

ρλ': بازتاب جو بدون تصحیح زاویه خورشیدی. M_ρ: عامل تغییر ضریب باند مورد نظر در فایل MTL، A_ρ: عامل

TB: دمای روشنایی سنجنده ماهواره لندست، K1، K2 ثابت

شرق در محدوده مورد مطالعه اقدام به برداشت نمونه‌های پیوسته مکانی برای هر تصویر در سال‌های مختلف و همچنین برای هر شاخص شد (کومار و شکار، ۲۰۱۵). برای هر روند شمال به جنوب و همچنین غرب به شرق تعداد ۹۰۰ پیکسل برداشت شد. بدین ترتیب که پیکسل‌های شماره صفر از شمال و غرب بودند و پیکسل‌های شماره ۹۰۰ جنوب و شرق بودند. آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف K-S، آزمون t جفتی و آزمون همبستگی پیرسون در تحقیق حاضر استفاده شدند. بدین ترتیب، بررسی و مقایسه میانگین پیکسل‌های برداشت شده در کاربری‌های مختلف اراضی برای هر کدام از نقشه‌های LST، NDVI، و NDBI با استفاده از آزمون t جفتی انجام شد. بدین صورت که تمام کاربری‌های مراتع فقیر، مراتع خوب، مراتع متوسط، اراضی بایر، دریاچه نمک و اراضی کشاورزی محدوده طرح با اراضی مسکونی شامل تمام اراضی صنعتی و مسکونی مورد مقایسه میانگین قرار گرفتند. در نهایت بررسی همبستگی دمای هوای ثبت شده توسط ایستگاه سینوپتیک اراک با داده‌های LST و همچنین بررسی همبستگی داده‌های آلودگی هوا با داده‌های سنجش از دور LST با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون انجام شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تجزیه و تحلیل مکانی و زمانی LST

در پژوهش حاضر روند تغییرات مکانی و زمانی دمای سطح زمین در دو جهت شمال به جنوب و غرب به شرق از سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۵ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نگاره (۲) نشان دهنده توزیع جغرافیایی دمای سطح زمین یا LST در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. با توجه به مطالعات آمایش استان مرکزی بیشترین توسعه شهری و همچنین بیشترین جمعیت شهر اراک در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۶۵ می‌باشد، نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز نشان داد که حداکثر دمای سطح زمین در دوره زمانی مورد مطالعه در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۵ و ۱۳۸۵ رخ دادند. در نگاره ۲

افزایشی باند مورد نظر در فایل MTL، Q_{cal} مقادیر پیکسل محصول استاندارد کالیبره شده و رقومی شده.

۳-۲- طبقه‌بندی تصاویر

در تحقیق حاضر هدف از طبقه‌بندی و تعیین کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه، تجزیه و تحلیل ارتباط انواع کاربری‌ها با دمای سطح زمین بود، بنابراین تصویر مربوط به سال ۱۳۹۵ در جدول ۲، برای تهیه نقشه کاربری اراضی برای منطقه مورد مطالعه انتخاب شد. با توجه به وضعیت منطقه، ۷ کلاس اراضی کشاورزی، اراضی مسکونی، اراضی بایر، دریاچه نمک، مراتع خوب، مراتع متوسط و مراتع فقیر تعریف شد. مرحله بعد انتخاب الگوریتم مناسب برای طبقه‌بندی بود. در این پژوهش، برای تهیه نقشه کاربری اراضی از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. تعداد ۱۸۲ نمونه تعلیمی به روش نمونه برداری تصادفی سیستماتیک برای تصویر ماهواره‌ای مربوط به سال ۱۳۹۵ برداشت شد، که ۷۰ درصد داده‌ها برای مرحله واسنجی و ۳۰ درصد آنها برای اعتبارسنجی مدل استفاده شدند (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۵). صحت نقشه کاربری اراضی بدست آمده مربوط به سال ۱۳۹۵ با نقشه واقعیت زمینی و عملیات‌های میدانی و نقشه‌های توپوگرافی و پرس و جوی محلی ارزیابی شد. پس از تشکیل ماتریس خطا، ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی بر اساس معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا، صحت تولید کننده و صحت کاربر صورت گرفت.

۳-۲-۴- آزمون‌های آماری

در تحقیق حاضر، بررسی تغییرات مکانی نقشه‌های LST، NDVI و NDBI در منطقه مورد مطالعه با استفاده از آزمون‌های آماری انجام شد. بدین صورت که با برداشت پیکسل‌های نمونه از شمال به جنوب و همچنین از غرب به

- 1- Confusion Matrix
- 2 - Overall Accuracy
- 3 - Kappa coefficient
- 4 - Producers Accuracy
- 5 - User Accuracy



نگاره ۲: توزیع مکانی شاخص LST در محدوده مورد مطالعه

(مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)، و به تبع آن تبدیل اراضی اطراف شهر به کاربری‌های کشاورزی و زراعی می‌باشد. به بیان دیگر با افزایش جمعیت و توسعه شهرنشینی، سطوح مزارع و اراضی کشاورزی اطراف شهری نیز افزایش یافته است که با نتایج (کیکون و همکاران، ۲۰۱۶) هم‌خوانی دارد.

حداکثر مقادیر درجه حرارت با رنگ قرمز نشان داده شده است که به عنوان مناطق مستعد تشکیل جزایر حرارتی در شهر اراک در نظر گرفته شد. رنگ آبی اختصاص به حداقل مقادیر درجه حرارت و نشان دهنده آب و پوشش گیاهی می‌باشد.

۳-۳- تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی و زمانی شاخص NDBI

با توجه به این که افزایش پوشش ساختمانی، اراضی مسکونی، شهرک‌های صنعتی و سطوح غیرقابل نفوذ نقش عمده‌ای در تشکیل جزایر حرارتی شهری ایفا می‌کنند بنابراین پوشش ساختمانی منطقه اراک از سال ۱۳۶۵-۱۳۹۵ با استفاده از شاخص NDBI تهیه گردید.

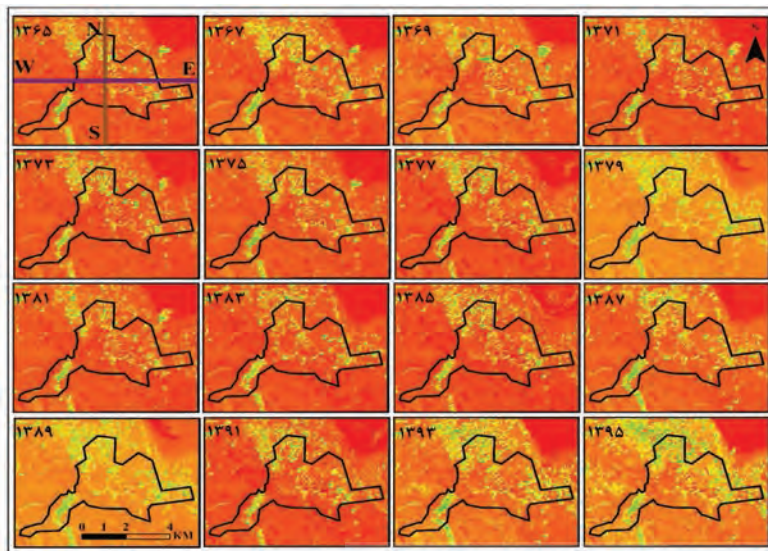
با توجه به نگاره ۴ نتایج حاصل از این بخش نشان داد که شاخص NDBI نیز از توانایی و دقت کافی در استخراج اطلاعات پوشش ساختمانی برخوردار بود. مقدار حد پایین این شاخص بیانگر حضور پوشش گیاهی و مقادیر حد بالای آن نشان دهنده حضور پوشش ساختمانی و سطوح نفوذ ناپذیر است.

۳-۲- تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی و زمانی شاخص NDVI

از آنجایی که کاهش پوشش گیاهی نقش عمده‌ای در تشکیل جزایر حرارتی شهری ایفا می‌کند بنابراین پوشش گیاهی شهرستان اراک در سال‌های ۱۳۶۵-۱۳۹۵ با استفاده از شاخص NDVI محاسبه گردید (نگاره ۳).

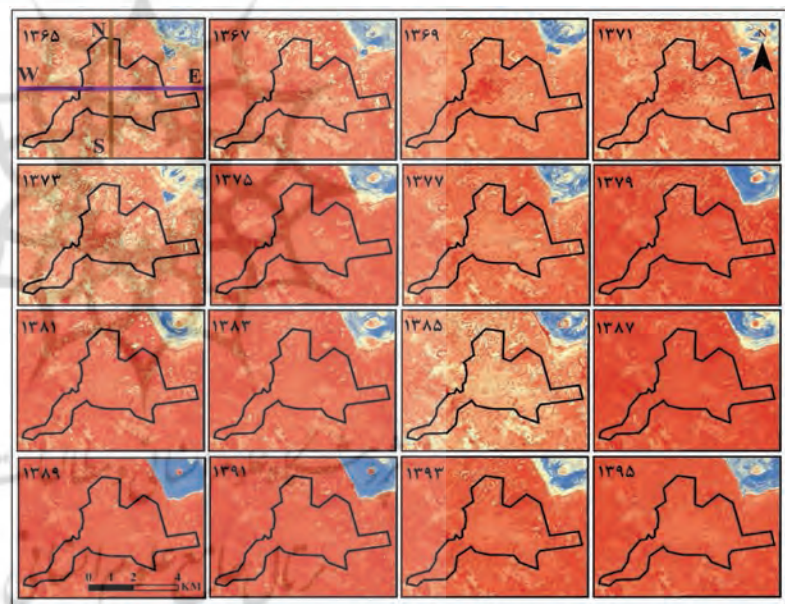
شاخص NDVI به عنوان یک عامل بیوفیزیک کلیدی در شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری در مطالعات قبلی در نظر گرفته شده است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۰: ۷۱؛ ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

با توجه به نگاره ۳ نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که مقادیر شاخص NDVI مربوط به سال‌های اخیر افزایش یافته است، که یکی از دلایل آن افزایش جمعیت



نگاره ۳: توزیع مکانی شاخص NDVI در محدوده مورد مطالعه

High : 1 Low : -1



نگاره ۴: توزیع مکانی شاخص NDBI در محدوده مورد مطالعه

High : 1 Low : -1

NDVI انجام شد. در نتیجه همبستگی بین شاخص NDVI و LST فقط در مقادیر مثبت می باشد.

با توجه به خط مختصات نگاره ۵ و ۶، دمای سطح زمین، پیکسل‌هایی با مقادیر بالا در مرکز شهرستان، یعنی ایجاد دامنه جزایر حرارتی را باعث شد و در مقابل NDVI در منطقه با پیکسل‌هایی با مقادیر کم مشخص شد.

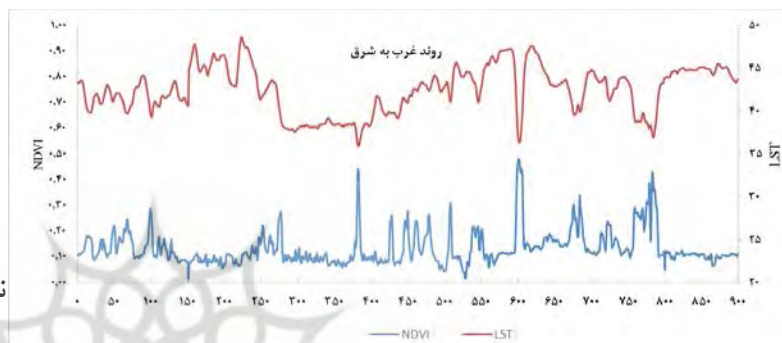
نتایج تحقیق حاضر نشان داد که شاخص NDVI و دمای سطح زمین از ارتباط معکوس در فضای دو بعدی که شامل NDVI و درجه حرارت تابش سطح می باشد، برخوردار بودند.

۳-۴- تجزیه و تحلیل تغییرات مکانی دمای سطح زمین با شاخص NDVI

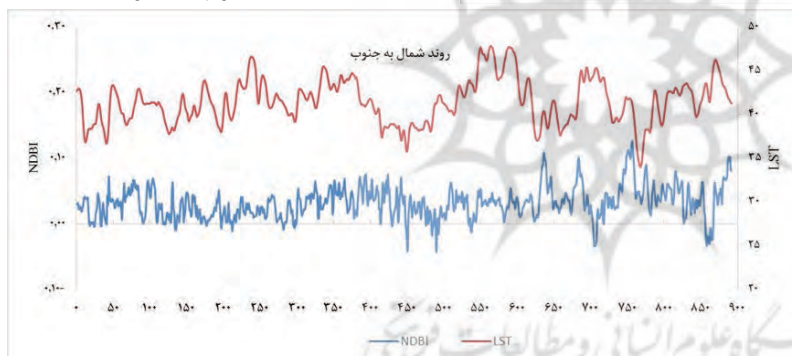
جهت آشکار سازی روابط بین NDVI و دمای سطح زمین، توزیع مکانی شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در جهت شمال به جنوب و شرق به غرب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (نگاره ۵ و ۶). به دلیل این که پیکسل‌های مقادیر کوچک و منفی NDVI با اجزا غیر گیاهی مانند آب و خاک مخلوط شده‌اند، بنابراین در مطالعه حاضر بررسی ارتباط بین LST و شاخص NDVI با مقادیر مثبت



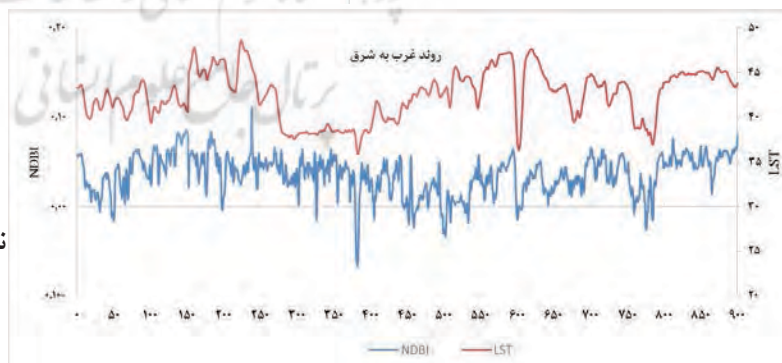
نگاره ۵: منحنی ایزوترمیک متغیرهای LST و NDVI در شمال - جنوب



نگاره ۶: منحنی ایزوترمیک متغیرهای LST و NDVI در غرب - شرق



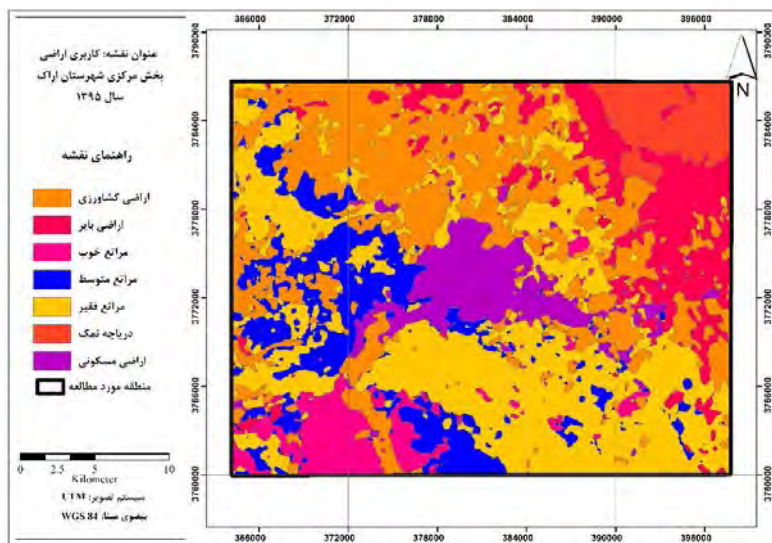
نگاره ۷: منحنی ایزوترمیک متغیرهای LST و NDBI در شمال - جنوب



نگاره ۸: منحنی ایزوترمیک متغیرهای LST و NDBI در غرب - شرق

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که نتایج در نگاره‌های ۷ و ۸ ارائه شدند. با توجه به نگاره‌های ۷ و ۸ بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش ساختمان در جهت شمال به جنوب و شرق به غرب روند مثبت مشاهده شد و بیشترین مقدار

۳-۵- تجزیه و تحلیل تغییرات روند مکانی دمای سطح زمین با شاخص NDBI برای آشکار سازی روابط بین NDBI و دمای سطح زمین، توزیع مکانی شاخص پوشش ساختمان و دمای سطح زمین



نگاره ۹: نقشه کاربری اراضی مربوط به سال ۱۳۹۵ سنجنده OLI

جدول ۲: ارزیابی نتایج طبقه‌بندی

سال	نوع کاربری	خطای گماشته شده	خطای حذف شده	دقت تولید کننده	دقت کاربر	صحت کل	ضریب کاپا
۱۳۹۵/۴/۷	مرايع فقير	۳۴/۳۰	۲۴/۲۲	۷۵/۷۸	۶۵/۷۰	۸۳/۲۴	۰/۸
	مرايع متوسط	۲۷/۶۴	۳۹/۰۹	۶۰/۹۱	۷۲/۳۶		
	مرايع خوب	۲۰/۷۰	۱۲/۷۱	۸۷/۲۹	۷۹/۳۰		
	اراضي باير	۱۴/۰۳	۱۹/۱۸	۸۰/۸۲	۸۵/۹۷		
	درياچه شور	۷/۴۹	۵/۲۸	۹۴/۷۲	۹۲/۵۱		
	اراضي کشاورزي	۱۰/۳۲	۱۲/۴۷	۸۷/۵۳	۸۹/۶۸		
	اراضي مسكوني	۰/۷۵	۴/۳۲	۹۵/۶۸	۹۹/۲۵		

۳-۷- ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری اراضی با توجه به جدول ۲ صحت کلی و ضریب کاپا در حد قابل قبول بودند. صحت نقشه کاربری اراضی ۱۳۹۵ با استفاده نمونه‌های تعلیمی جدا شده و با مقایسه نقشه‌های توپوگرافی موجود در منطقه و اطلاعات مردم محلی و تفسیر چشمی تصویر در حد قابل قبول به دست آمد.

NDBI از پیکسل‌های ۸۰۰-۳۵۰ بودند که نشان دهنده تراکم زیاد پوشش ساختمان می‌باشند، پیکسل‌های خارج از محدوده ۸۰۰-۳۵۰ نشان دهنده مناطق اطراف شهر اراک بودند. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که شاخص NDBI و دمای سطح زمین از ارتباط مستقیم در فضای دو بعدی که شامل NDBI و دمای سطح زمین بودند، برخوردار هستند.

۳-۸- آزمون‌های آماری

۳-۸-۱- آزمون K-S

نتایج حاصل از آزمون K-S برای شاخص‌های سه‌گانه NDVI، LST و NDBI برای هر یک از کاربری‌ها بصورت جداگانه ارائه شد. نتایج حاصل از آزمون نرمالیت، نشان داد که سطح معنی‌داری برای هر سه شاخص NDVI، LST

۳-۶- طبقه‌بندی تصاویر

نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به روش حداکثر احتمال، در نگاره ۹ نشان داده شده است. با توجه به نگاره ۹، کلاس‌های کاربری اراضی ۷ گروه تحت عنوان مرايع فقير، مرايع متوسط، مرايع خوب، اراضي باير، درياچه شور، اراضي کشاورزي و اراضي مسكوني را شامل می‌شوند.

شاخص LST
 نتایج حاصل از آزمون t جفتی، نشان داد که سطح معنی داری برای پارامتر دمای سطح زمین یا LST بین تمام کاربری‌های موجود و با کاربری اراضی مسکونی در محدوده طرح، کمتر از ۵ صدم بود و بنابراین اختلاف معنی دار بین تمام کاربری‌ها با کاربری مسکونی دیده شد. این در حالی است که برای متغیر LST تنها بین کاربری اراضی مسکونی و دریاچه نمک اختلاف معنی دار دیده نشد (جدول ۶).

و NDBI برای تمام کاربری‌های موجود در محدوده طرح بالاتر از ۵ صدم بود و بنابراین داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کردند. از این رو پیش شرط لازم برای استفاده در آزمون t جفتی را دارا بودند (جداول ۳، ۴ و ۵).

۳-۸-۲- آزمون t جفتی

نتایج حاصل از این آزمون برای شاخص‌های سه گانه LST، NDVI و NDBI برای هر یک از کاربری‌ها بصورت جداگانه ارائه شد:

جدول ۳: نتایج آزمون K-S برای شاخص LST

اراضی مسکونی	اراضی کشاورزی	دریاچه نمک	اراضی بایر	مرايع خوب	مرايع متوسط	مرايع فقير	متغير
۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	تعداد داده‌ها
۳۶/۲۴	۳۹/۱۰	۳۵/۷۳	۳۷/۱۷	۴۳/۰۹	۴۰/۷۴	۴۰/۶۲	میانگین
۳/۵۷	۲/۶۵	۲/۹۳	۱/۸۱	۱/۵۲	۰/۷۳	۱/۰۵	انحراف معيار
۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۰۵	مطلق
۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۳	مثبت
-۰/۱۷	-۰/۲۲	-۰/۱۳	-۰/۱۸	-۰/۱۰	-۰/۰۴	-۰/۰۵	منفی
۰/۳۹	۰/۵۴	۰/۴۴	۰/۲۸	۰/۲۰	۰/۱۰	۰/۲۱	Sig.

جدول ۴: نتایج آزمون K-S برای شاخص NDVI

اراضی مسکونی	اراضی کشاورزی	دریاچه نمک	اراضی بایر	مرايع خوب	مرايع متوسط	مرايع فقير	متغير
۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	تعداد داده‌ها
۰/۱۵۰	۰/۱۸۶	-۱/۰۰۰	۰/۱۲۴	۰/۱۶۶	۰/۱۵۴	۰/۱۵۰	میانگین
۰/۱۱۰	۰/۱۵۴	۰/۰۲۲	۰/۰۳۵	۰/۰۳۰	۰/۰۳۹	۰/۰۶۰	انحراف معيار
۰/۱۶۴	۰/۲۹۱	۰/۱۷۰	۰/۰۹۵	۰/۲۳۷	۰/۲۰۱	۰/۲۳۷	مطلق
۰/۱۶۴	۰/۲۶۱	۰/۳۳	۰/۰۸۵	۰/۲۳۷	۰/۲۰۱	۰/۲۳۷	مثبت
-۰/۰۸۴	-۰/۲۹۱	-۰/۰۶۵	-۰/۰۹۵	-۰/۱۹۴	-۰/۱۴۰	-۰/۱۴۸	منفی
۰/۳۴	۰/۱۱	۰/۴۵	۰/۵۹	۰/۱۲	۰/۳۳	۰/۲۳	Sig.

جدول ۵: نتایج آزمون K-S برای شاخص NDBI

اراضی مسکونی	اراضی کشاورزی	دریاچه نمک	اراضی بایر	مرايع خوب	مرايع متوسط	مرايع فقير	متغير
۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	۵۰۰	تعداد داده‌ها
-۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	-۰/۰۷۵	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰	۰/۱۰۳	۰/۰۵۷	میانگین
۰/۱۰۸	۰/۰۳۹	۰/۱۹۵	۰/۰۶۳	۰/۰۲۶	۰/۰۳۲	۰/۰۲۶	انحراف معيار
۰/۱۶۳	۰/۰۵۰	۰/۲۱۷	۰/۲۶۴	۰/۰۹۳	۰/۰۶۴	۰/۰۶۵	مطلق
۰/۰۹۱	۰/۰۵۰	۰/۲۰۳	۰/۱۶۶	۰/۰۴۷	۰/۰۶۴	۰/۰۴۳	مثبت
-۰/۱۶۳	-۰/۰۲۴	-۰/۲۱۷	-۰/۲۶۴	-۰/۰۹۳	-۰/۰۶۱	-۰/۰۶۵	منفی
۰/۳۱۱	۰/۱۶۹	۰/۲۳۱	۰/۵۴۱	۰/۲۴۵	۰/۲۳۲	۰/۱۲۹	Sig.

جدول ۶: نتایج آزمون t زوجی برای متغیر LST

سطح معنی داری	درجه آزادی	t	جفت اختلافها					
			حد بالا	حد پایین	خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین	
۰/۰۰۰	۴۹۹	-۲۶/۴۲	-۴/۰۶	-۴/۷۱	۰/۱۷	۳/۷۱	-۴/۳۸	اراضی مسکونی و مراتع فقیر
۰/۰۰۰	۴۹۹	-۲۷/۳۲	-۴/۱۷	-۴/۸۲	۰/۱۶	۳/۶۸	-۴/۵۰	اراضی مسکونی و مراتع متوسط
۰/۰۰۰	۴۹۹	-۳۸/۵۴	-۶/۵۰	-۷/۲۰	۰/۱۸	۳/۹۷	-۶/۸۵	اراضی مسکونی و مراتع خوب
۰/۰۰۰	۴۹۹	-۵/۰۰	-۰/۵۶	-۱/۲۹	۰/۱۹	۴/۱۶	-۰/۹۳	اراضی مسکونی و اراضی بایر
۰/۱۲۸	۴۹۹	۲/۲۱	۰/۹۵	۰/۰۶	۰/۲۳	۵/۱۱	۰/۵۰	اراضی مسکونی و دریاچه نمک
۰/۰۰۰	۴۹۹	-۱۳/۹۲	-۲/۴۶	-۳/۲۶	۰/۲۱	۴/۵۹	-۲/۸۶	اراضی مسکونی و اراضی کشاورزی

جدول ۷: نتایج آزمون t زوجی برای شاخص NDVI

سطح معنی داری	درجه آزادی	t	جفت اختلافها					
			حد بالا	حد پایین	خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین	
۰/۰۰۲	۴۹۹	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۱	-۰/۰۱۱	۰/۰۰۶	۰/۱۲۴	۰/۰۰۰	اراضی مسکونی و مراتع فقیر
۰/۰۰۱	۴۹۹	-۰/۸۵۸	۰/۰۰۶	-۰/۰۱۴	۰/۰۰۵	۰/۱۱۳	-۰/۰۰۴	اراضی مسکونی و مراتع متوسط
۰/۰۰۲	۴۹۹	-۳/۰۶۹	-۰/۰۰۶	-۰/۰۲۶	۰/۰۰۵	۰/۱۱۷	-۰/۰۱۶	اراضی مسکونی و مراتع خوب
۰/۰۰۰	۴۹۹	۴/۸۱۱	۰/۰۳۶	۰/۰۱۵	۰/۰۰۵	۰/۱۱۸	۰/۰۲۵	اراضی مسکونی و اراضی بایر
۰/۱۳۲	۴۹۹	۷/۳۴۵	۱/۱۵۹	۱/۱۴۰	۰/۰۰۵	۰/۱۱۰	۱/۱۵۰	اراضی مسکونی و دریاچه نمک
۰/۰۰۰	۴۹۹	-۴/۱۶۸	-۰/۰۱۹	-۰/۰۵۳	۰/۰۰۹	۰/۱۹۳	-۰/۰۳۶	اراضی مسکونی و اراضی کشاورزی

جدول ۸: نتایج آزمون t زوجی برای شاخص NDBI

سطح معنی داری	درجه آزادی	t	جفت اختلافها					
			حد بالا	حد پایین	خطای استاندارد	انحراف معیار	میانگین	
۰/۰۰۳	۴۹۹	-۱۱/۵۸۴	-۰/۰۴۸۱	-۰/۰۶۷	۰/۰۰۵۰	۰/۱۱۱۹	-۰/۰۵۸۰	اراضی مسکونی و مراتع فقیر
۰/۰۰۰	۴۹۹	-۲۰/۰۱۸	-۰/۰۹۳۷	-۰/۱۱۴	۰/۰۰۵۲	۰/۱۱۶۰	-۰/۱۰۳۹	اراضی مسکونی و مراتع متوسط
۰/۰۰۰	۴۹۹	-۱۰/۰۱۴	-۰/۰۴۰۸	-۰/۰۶۰	۰/۰۰۵۱	۰/۱۱۳۴	-۰/۰۵۰۸	اراضی مسکونی و مراتع خوب
۰/۰۰۰	۴۹۹	-۷/۱۵۷	-۰/۰۲۹۵	-۰/۰۵۱	۰/۰۰۵۷	۰/۱۲۷۰	-۰/۰۴۰۷	اراضی مسکونی و اراضی بایر
۰/۰۰۰	۴۹۹	۷/۳۸۲	۰/۰۹۳	۰/۰۵۴	۰/۰۱۰۰	۰/۲۲۳۸	۰/۰۷۳۹	اراضی مسکونی و دریاچه نمک
۰/۰۰۳	۴۹۹	-۲/۹۵۹	-۰/۰۰۵	-۰/۰۲۴	۰/۰۰۵۰	۰/۱۱۲۱	-۰/۰۱۴۸	اراضی مسکونی و اراضی کشاورزی

شاخص NDVI

شاخص NDVI تنها بین کاربری اراضی مسکونی و دریاچه نمک اختلاف معنی دار دیده نشد (جدول ۷).

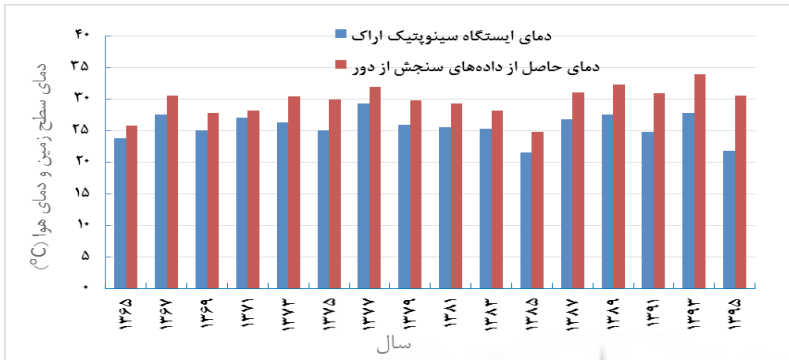
نتایج حاصل از آزمون t جفتی، نشان داد که سطح معنی داری برای شاخص NDVI بین تمام کاربری‌های موجود با کاربری اراضی مسکونی در محدوده طرح، کمتر از ۵ صدم بودند، بنابراین اختلاف معنی دار بین تمام کاربری‌ها با کاربری مسکونی دیده شد. این در حالی هست که برای

شاخص NDBI

نتایج حاصل از آزمون t جفتی نشان داد که سطح معنی داری برای شاخص NDBI بین تمام کاربری‌های

جدول ۹: نتایج آزمون t زوجی برای متغیرهای LST در دمای ایستگاه سینوپتیک اراک

سطح معنی داری	درجه آزادی	t	جفت اختلافها					
			حد بالا	حد پایین	خطای استاندارد	انحراف معیار		
۰/۲۲	۱۵	-۸/۷۶	-۳/۰۵	-۵/۰۲	۰/۴۶	۱/۸۴	۴/۰۳	LST و دمای هوا



نگاره ۱۰: مقایسه دمای سطح زمین (LST) با درجه حرارت هوای اندازه گیری شده در ایستگاه هواشناسی در زمان عبور ماهواره

جدول ۱۱: نتایج آزمون همبستگی LST و دمای ایستگاه

Sig.	همبستگی	تعداد	
۰/۰۰۵	۰/۶۶۰	۱۶	LST و دمای هوا

موجود با کاربری اراضی مسکونی در محدوده طرح، کمتر از ۵ صدم بود و بنابراین اختلاف معنی دار بین تمام کاربری‌ها با کاربری مسکونی دیده شد. (جدول ۸).

۹-۳- آزمون همبستگی

نتایج بررسی همبستگی داده‌های آلودگی هوا با داده‌های سنجش از دور LST نشان داد که بین LST و ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون در سطح ۹۹ درصد همبستگی معنی دار وجود داشت. همچنین بین پارامتر LST و ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون نیز در سطح ۹۵ درصد همبستگی معنی دار وجود داشت. همچنین نگاره ۱۱ و جدول ۱۲ مقایسه LST با متغیر ذرات معلق در هوا نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آزمون t جفتی برای دمای هوای ثبت شده توسط ایستگاه سینوپتیک اراک و داده‌های LST در محدوده طرح، نشان داد که سطح معنی داری آزمون مذکور بیشتر از ۵ صدم بود و بنابراین اختلاف معنی دار بین تمام کاربری‌ها با کاربری مسکونی دیده نشد (جدول ۹).

۹-۳- آزمون همبستگی

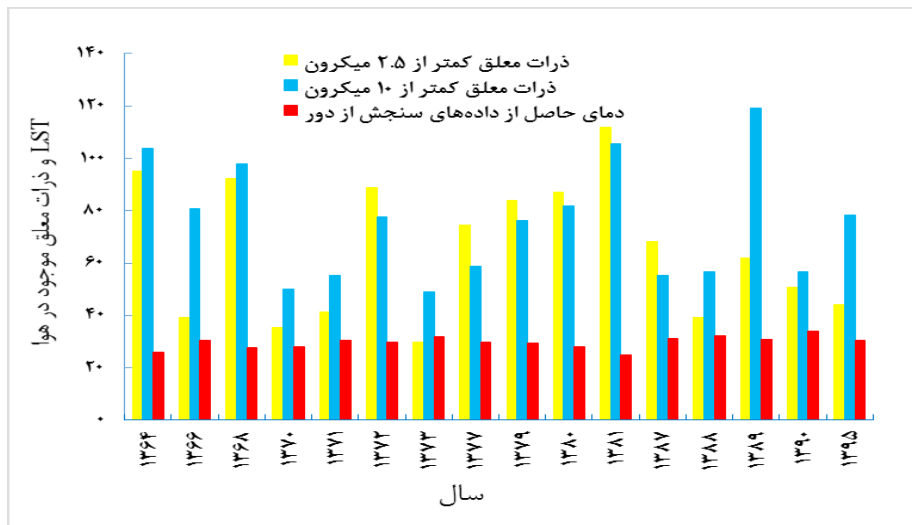
نتایج حاصل از همبستگی بین دمای هوا ثبت شده توسط ایستگاه سینوپتیک اراک و داده‌های تصاویر ماهواره‌ای همبستگی بالا و معنی داری در سطح ۹۹ درصد نشان داد (جدول ۱۰ و نگاره ۱۰).

جدول ۱۲: نتایج همبستگی متغیر LST و پارامترهای آلودگی هوا

ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون	ذرات معلق کمتر از ۲/۵ میکرون		داده‌های سنجش از دور
-۰/۵۶۴ [*]	-۰/۷۱۳ ^{**}	Pearson Correlation	LST
۰/۰۲۳	۰/۰۰۲	Sig. (2-tailed)	
۱۶	۱۶	N	

جدول ۱۰: نتایج متغیرهای LST و دمای ایستگاه سینوپتیک اراک

خطای استاندارد	انحراف معیار	تعداد	میانگین	
۰/۵۲۲	۲/۰۸۸	۱۶/۰۰۰	۲۵/۶۷۲	دمای هوا
۰/۵۸۶	۲/۳۴۴	۱۶/۰۰۰	۲۹/۷۰۷	LST



نگاره ۱۱: مقایسه دمای سطح زمین (LST) با داده‌های ذرات معلق موجود در هوا

۴- نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر از داده‌های ماهواره‌های سری لندست و آب و هوایی ایستگاه اراک واقع در منطقه مورد مطالعه برای ارزیابی دمای سطح زمین استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌ها شامل تغییر پذیری مکانی LST با NDVI و NDBI انجام شد.

نتایج حاکی از همبستگی منفی بین دمای سطح زمین و شاخص NDVI بود، به طوری که افزایش NDVI، سبب نمود کمتر جزایر حرارتی در محدوده مورد مطالعه شد. ارتباط شاخص NDBI و دمای سطح زمین همبستگی مثبت نشان داد، که این امر سبب نمود بیشتر جزایر حرارتی با افزایش شاخص NDBI شد.

بنابراین می‌توان استنباط کرد که پوشش فضای سبز داخلی شهری عملکرد قابل توجهی در تقسیم جزایر حرارتی شهری و کاهش اثر جزایر حرارتی دارد و پوشش ساختمان داخلی شهری عملکرد قابل توجهی در افزایش جزایر حرارتی شهری دارد. همچنین نتایج نشان داد که داده‌های سنجش از دور می‌توانند در برنامه‌ریزی‌های شهری، سیاست‌گذاری‌ها و مدیریت تصمیمات برای تغییرات مناسب زیست‌محیطی شهری و بهبود اثرات آن در کارهای عمرانی و طرح‌های توسعه شهری استفاده شود.

اثر جزایر حرارتی شهری پدیده‌ای است که به موجب آن معمولاً یک منطقه شهری بطور قابل توجهی گرم‌تر از مناطق اطراف می‌باشد. دمای شهرها به دلیل پدیده جزایر حرارتی و نیز تغییر اقلیم به طور مداوم در حال افزایش است و باعث افزایش مصرف انرژی برای سیستم‌های سرمایشی می‌شود.

از این رو کاهش اثرات پدیده جزایر حرارتی شهری به یک مسئله مهم جهانی تبدیل شده است.

دلایل متعددی برای ایجاد جزایر حرارتی شهری وجود دارد؛ به طور مثال، سطوح تیره از قبیل پیاده‌روها و نمای ساختمان‌ها جاذب درصد زیادی از انرژی خورشیدی می‌باشند، سطوحی مانند انواع بتن و آسفالت به دلیل ماهیت و جنسی که دارند از ظرفیت گرمایی و تابش سطحی بیشتری در مقایسه با مناطق حاشیه شهرها برخوردار هستند. این مواد باعث تغییر در بیلان انرژی مناطق شهری می‌شوند.

دلیل اصلی دیگر پدیده جزایر حرارتی شهری کمبود تبخیر و تعرق، به عنوان مثال به دلیل کمبود و فقدان پوشش گیاهی در مناطق شهری می‌باشد. فقدان یا کمبود پوشش گیاهی مناطق شهری، نبود عواملی چون سایه و گردش هوای خنک را موجب می‌گردد.

جزایر حرارتی شهری بر روند تغییرات ریزش‌های جوی مشهد. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۲، ص ۳۶۶-۳۵۹.

۴. فاطمی، س.ب. و رضایی، ی. (۱۳۸۵)، مبانی سنجش از دور انتشارات آزاده ۲۵۷ صفحه.

5. Aniello, C., Morgan, K., Busbey, A., & Newland, L. (1995). Mapping micro-urban heat islands using Landsat TM and a GIS. *Computers & Geosciences*, 21(8), 961-967.

6. Chen, W., Zhang, Y., Gao, W., & Zhou, D. (2016). The Investigation of Urbanization and Urban Heat Island in Beijing Based on Remote Sensing. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 216, 141-150.

7. Chen, X. L., Zhao, H. M., Li, P. X., & Yin, Z. Y. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote sensing of environment*, 104(2), 133-146.

8. Kikon, N., Singh, P., Singh, S. K., & Vyas, A. (2016). Assessment of urban heat islands (UHI) of Noida City, India using multi-temporal satellite data. *Sustainable Cities and Society*, 22, 19-28.

9. Kumar, D., & Shekhar, S. (2015). Statistical analysis of land surface temperature-vegetation indexes relationship through thermal remote sensing. *Ecotoxicology and environmental safety*, 121, 39-44.

10. 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.

11. Sailor, D. J. 2014. A holistic view of the effects of urban heat island mitigation. *Low Carbon Cities: Transforming Urban Systems*. Routledge. New York, 270-281.

12. Shahmohamadi, P., Che-Ani, A. I., Abdullah, N., Tahir, M. M., Maulud, K. N. A., & Mohd-Nor, M. F. I. (2010). The Link between urbanization and climatic factors: a concept on formation of urban heat island. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 6(11), 754-768.

13. Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini,

۵- پیشنهاد

اثرات جزایر حرارتی شهری به دلیل مشکلات زیست محیطی که برای زندگی عادی مردم ایجاد می‌کند مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است.

از این‌رو در راستای کاهش اثرات پدیده جزایر حرارتی شهری، راهبردهای زیر جهت توجه بیشتر بر مناطق سبز شهری در آمایش شهری و توسعه در آینده پیشنهاد می‌گردد: (۱) توجه به معیارهای مرتبط با معماری و آمایش سرزمین شهری بر طبق اصول معماری سبز

(۲) توجه به معیارهای مدیریت آب و خاک

(۳) توجه به معیارهای کاهش‌دهنده حرارت ناشی از فعالیت‌های انسانی.

با حل مسأله جزایر حرارتی شهری، هم جامعه از سلامت جسمی مناسبی برخوردار می‌گردد و هم به تبع آن سلامت روانی جامعه نیز تأمین می‌گردد.

۶- منابع و مأخذ

۱. المدرسی، رحیم‌آبادی، خضری؛ سیدعلی، ابوالفضل، صادق. (۱۳۹۳)، پهنه‌بندی و مقایسه دمای سطح زمین با استفاده از دو باند حرارتی ۱۰ و ۱۱ تصویر لندست ۸ (مطالعه موردی: شهرستان بهشهر). نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد، ص ۱۱-۱.

۲. حاجیلو، المدرسی، زرنگ، سرکارگردکانی؛ مرضیه، سیدعلی، نسیم، علی. (۱۳۹۳)، پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصویر سنجنده ETM⁺ و OLI (مطالعه موردی: استان قم). نخستین همایش ملی کاربرد مدل‌های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور و GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی یزد، ص ۱۰-۱.

۳. غضنفری مقدم، علیزاده، ناصری مقدم، فریدحسینی؛ محمدصادق، امین، مهیار، علیرضا. (۱۳۸۹)، بررسی اثر

- Earth Observation and Geoinformation, 11(4), 256-264.
24. Zhang, Y., Yiyun, C., Qing, D., & Jiang, P. (2012). Study on urban heat island effect based on Normalized Difference Vegetated Index: a case study of Wuhan City. *Procedia environmental sciences*, 13, 574-581.
- L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), 434-440.
14. Southworth, J. (2004). An assessment of Landsat TM band 6 thermal data for analysing land cover in tropical dry forest regions. *International journal of remote sensing*, 25(4), 689-706.
15. Streutker, D. R. (2002). A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2595-2608.
16. Taleb, H., & Taleb, D. (2014). Enhancing the thermal comfort on urban level in a desert area: Case study of Dubai, United Arab Emirates. *Urban forestry & urban greening*, 13(2), 253-260.
17. Wang, Y., & Akbari, H. (2015). Development and application of 'thermal radioactive power' for urban environmental evaluation. *Sustainable Cities and Society*, 14, 316-322.
18. Wang, Y., Berardi, U., & Akbari, H. (2015). The Urban Heat Island effect in the city of Toronto. *Procedia Engineering*, 118, 137-144.
19. 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.
20. Xiong, Y., Huang, S., Chen, F., Ye, H., Wang, C., & Zhu, C. (2012). The impacts of rapid urbanization on the thermal environment: A remote sensing study of Guangzhou, South China. *Remote sensing*, 4(7), 2033-2056.
21. Yang, J., Gong, P., Zhou, J., Huang, H., & Wang, L. (2010). Detection of the urban heat island in Beijing using HJ-1B satellite imagery. *Science China Earth Sciences*, 53, 67-73.
22. Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583-594.
23. Zhang, Y., Odeh, I. O., & Han, C. (2009). Bi-temporal characterization of land surface temperature in relation to impervious surface area, NDVI and NDBI, using a sub-pixel image analysis. *International Journal of Applied*