

بررسی وقوع پدیده جزایر حرارتی شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ASTER (منطقه مورد مطالعه: شهر شیراز)

مجتبی محمدی*، محمد ابراهیم عیفی

دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، واحد لارستان، دانشگاه آزاد اسلامی، لارستان، ایران

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۹۹/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۲۷

چکیده

جهان امروزه جریان بی‌سابقه‌ای از شهری شدن را تجربه می‌نماید. رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی یکی از عوامل موثر بر افزایش دمای هوا در نواحی شهری است که موجب ایجاد جزیره حرارتی بر روی این مناطق در مقایسه با محیط اطراف می‌شود و اثرات ناشی از آن می‌تواند نقشی اساسی و مهم در کیفیت هوا و به تبع آن سلامت عمومی ایفا نماید. در این مطالعه اطلاعات سنجنده ASTER ماهواره به صورت موردی در کلان شهر شیراز مورد بررسی قرار گرفته و از خوارزمیک ۵ باند برای بازیابی توزیع دمای سطح زمین و تعیین اثرات محلی جزیره حرارتی استفاده شد. به علاوه، همبستگی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی، ساختمانی، زمین لخت و آبی تفاضل نرمال شده برای تعیین اثرات زمین سبز، لخت، آبی و مسکونی بر روی جزیره حرارتی به دست آمد. نتایج نشان داد که اثر جزیره حرارتی شهری در شیراز اساساً در مناطق صنعتی غرب و مسکونی و جنوب شرق واقع شده است. همچنین همبستگی منفی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی و آبی تفاضل نرمال شده نشان داد که زمین سبز و مناطق پوشیده از آب می‌تواند اثر جزیره حرارتی را تضعیف کرده، درحالی که همبستگی مثبت بین دمای سطح زمین و شاخص ساختمانی و زمین لخت تفاضل نرمال شده می‌تواند اثر جزیره حرارتی را در منطقه مورد مطالعه افزایش دهد. امروزه مهمترین مشکل در مناطق شهری، افزایش درجه حرارت سطح زمین بخاطر دگرگونی‌های بوجود آمده در سطوح طبیعی می‌باشد، که در اثر آن پوشش گیاهی طبیعی حذف شده و با سطوح غیر قابل نفوذ و غیر قابل انتقال جایگزین شده است (سنگ، فلز، سیمان، غیره) این پدیده مخصوصاً با اختلاف متمایز و مشخص درجه حرارت بین شهر و نواحی اطراف شهر، پدیده‌ی جزیره‌ی حرارتی نامیده می‌شود. به منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته مانند تاثیرات توپوگرافی و بازتاب پوشش‌های سنگی و خاک لخت روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی با استفاده از ترکیب حداقل دو باند شاخص پوشش گیاهی ایجاد می‌شود. در واقع شاخص گیاهی نوعی نسبت و عملیات ریاضی میان باندهای مختلف اعم از مرئی و مادون قرمز می‌باشد. هدف از ایجاد شاخص‌های گیاهی آن است که برخی از ویژگی‌های پوشش گیاهی نظیر خصوصیات تاج پوشش، سطح برگ یا درصد پوشش گیاهی پیش‌بینی و ارزیابی شود. از معروف‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی برای تهیه LST شاخص NDVI می‌باشد. به طور کلی دمای سطح زمین (LST) پارامتر کلیدی در فیزیک رفتارهای سطح زمین است.

کلمات کلیدی: جزایر حرارتی، تصاویر ماهواره‌ای، شیراز، ASTER.

مقدمه

در عصر حاضر، شهرنشینی رونق زیادی پیدا کرده و همین امر سبب گردیده است تا کره زمین تحت تأثیر مسایل مختلف قرار گرفته، وضعیت طبیعی خود را تا حد زیادی از دست بدهد که یکی از پیامدهای آن افزایش دماست. با گسترش شهر و شهر سازی بعد از دهه ۱۹۳۰ به ویژه پس از جنگ جهانی دوم تغییرات آب و هوایی محلی در شهرنشینی ظاهر گردید چند دلیل برای جزیره گرمایی وجود دارد علت اصلی افزایش گرمای شبانه در ساختمانها در شبهای صاف، وابسته به مواد سطحی و تبخیر و تعرق در مناطق شهری است که عموماً ناشی از آسفالت و سیمان است که در مناطق شهری استفاده شده است با توجه به اینکه باد در طول روز بر گرمای شهری به صورت وزش افقی در لایه‌های سطحی شهری تأثیر می‌گذارد. چنانچه شهر دارای ناهمواری و پستی و بلندی قابل ملاحظه‌ای باشد، به کمک مراکز حرارتی تشکیل شده، سبب چرخش آلودگی در بین ساختمانها می‌شود و استحکام جزیره گرمایی تشکیل شده را دوام می‌بخشد. در هر منطقه شهری در کنار فرایند جذب پرتو فرابنفش و گسیل پرتو فرو سرخ، سقف ساختمانها و خیابانها و سطوح تیره رنگ شهری گرما را جذب نموده، با طول موج بالا به هوا گسیل می‌دارند. با توجه به اینکه همه سقفها و خیابانها در شهرها رنگی دارند که با جذب گرمای گسیل شده از خورشید، دمای منطقه مسکونی را تا حدود ۲ تا ۱۵ درجه سانتیگراد افزایش می‌دهند، سبب تشدید پدیده جزیره گرمایی می‌گردند. در آمریکای شمالی اختلاف دمای حداکثر شهری و روستایی اندازه گیری شده و به ۵/۴ درجه سانتی گراد می‌رسد و این اختلاف دما را به جمعیت و روش زندگی آنها وابسته دانسته‌اند.

از قرن نوزدهم میلادی دمای کره زمین روند افزایشی پیدا کرد. رشد لجام گسیخته و پرشتاب شهرها موجب عدم امکان فرصت کافی جهت تنظیم وساماندهی بافت و فراهم سازی زیرساختها و امکانات کمی و کیفی قابل قبول مورد نیاز جمعیت آن شد. در عصر حاضر نیز با توجه به پیشرفت‌های روزافزون بشر در زمینه‌های مختلف شاهد تغییر در سیستم اقلیمی شهرهای بزرگ هستیم، که ناشی از تغییرات ایجاد شده در سیمای طبیعی شهر می‌باشد. استفاده از مصالح تیره رنگ در معابر و آرایش دره مانند ساختمانها بخشی از انرژی خورشید را حبس می‌کند. با جذب گرمای بیشتر در طول روز پروفیل حرارتی سطح شهر در طول شبانه روز تغییر می‌کند و در نتیجه در یک روز داغ تابستانی، خورشید سطوح خشک و تیره، مانند آسفالت خیابانها و نمای ساختمانها را گاهی به مقدار ۲۰ الی ۵۰ درجه سانتی گراد نسبت به محیط گرم تر می‌کند. همچنین عدم وجود پوشش سبز کافی، حرارت با منشا انسانی و آلودگی هوا ناشی از سیستم حمل و نقل شهری و صنایع، سبب افزایش دمای غیرعادی شهر نسبت به فضای اطراف آن می‌شود که به جزیره حرارتی^۱ معروف است.

گرم تر شدن شهر موجب مصرف بیشتر انرژی جهت تهویه هوای مسکن در فصول گرم و افزایش هزینه‌های مالی برای شهروندان می‌شود. از طرف دیگر عدم وزش باد و ساکن ماندن هوای موجود باعث تثبیت گازهای آلاینده در فضای شهر شده و موجب بروز خطراتی برای سلامت افراد می‌شود (مهرگان و همکاران، ۱۳۹۲: ۲). افزایش میزان حملات قلبی، مشکلات تنفسی، مشکلات روحی و روانی ناشی از گرمای زیاد و ورود ریزگردها از جمله مهم ترین خطراتی است که سلامت افراد را تهدید می‌کند. پدیده مزبور هم اکنون یک پدیده مهم محیطی به شمار می‌رود به طوری که در شهرهای بزرگ اثر جزیره حرارتی نیز دیده می‌شود. با توجه به مطالب یاد شده، کشور ما نیز که در دهه‌های گذشته شاهد رشد چشم گیر شهرنشینی بوده از این امر مستثنی نمی‌باشد. (ابراهیمی، ۱۳۹۳)

از زمانی که هاوارد^۲ برای اولین بار واژه جزیره حرارتی را مطرح کرد بیش از یک قرن می‌گذرد و تاکنون محققان پژوهش‌های زیادی در این زمینه انجام داده‌اند.

1. Urban Heat Island
2. Luck Howard

این مطالعات در گذشته با استفاده از اندازه گیری دما در ایستگاه‌های هواسنجی انجام می‌شد اما توزیع یکنواخت و تعداد اندک ایستگاه‌ها سبب می‌شد تا داده‌ها برای نمایش پراکندگی‌ها در یک منطقه قابل اعتماد نباشد. بنابراین محققان به مطالعه با استفاده از سنجش از دور روی آوردند. تصاویر سنجش از دور به دلیل پوشش وسیع و بهنگام بودن و همچنین دقت بالا ابزار مناسبی برای تهیه نقشه‌های حرارتی سطح هستند. عدم دسترسی به داده‌های مکانی از یکطرف و تنوع زیاد کاربری و پوشش اراضی در محیط‌های شهری از طرف دیگر امکان استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور را در برآورد و تعیین دمای سطح زمین^۱ بیش از پیش مطرح می‌سازد (ساسان پور و همکاران ۱۳۹۲: ۲۵۷).

از تصاویر حرارتی جهت مطالعات مربوط به جزیره حرارتی در حیطه‌های مختلف استفاده شده است. این تحقیقات بیشتر روی الگوی دمای سطح زمین و ارتباط آن با شاخص پوشش گیاهی و انواع کاربری زمین متمرکز بوده است (فی وو^۲ و همکاران، ۲۰۰۷). برخی دیگر نیز به بررسی جزیره حرارتی از لحاظ مکانی زمانی پرداخته‌اند. (جاکوینز^۳ و همکاران، ۲۰۱۴) عده‌ای هم در پی راهکارهایی جهت کاهش اثر جزیره حرارتی و آسیب‌های ناشی از آن بوده‌اند (شاهمحمدی و همکاران، ۲۰۱۰؛ پریس^۴ و همکاران، ۲۰۱۴؛ مانیک^۵ و همکاران، ۲۰۱۵، عقیلی نسب و همکاران ۱۳۹۱)

مطالعات داخلی صورت گرفته در زمینه جزیره حرارتی هم اغلب مربوط به تهران (افشار ۱۳۷۹، صادقی‌نیا و همکاران ۱۳۹۱، ساسان پور و همکاران ۱۳۹۲) و چند کلاشهر دیگر کشور از جمله مشهد (موسوی بایگی و همکاران ۱۳۹۱، فرزندی و همکاران ۱۳۹۲، کاظم‌زاده و همکاران ۱۳۹۳) اهواز (معروف نژاد ۱۳۹۰، رنگزن و همکاران ۱۳۹۰) و رشت (رمضانی و دخت محمد ۱۳۸۹، دره بادامی و همکاران ۱۳۹۳) است.

اهداف تحقیق

- شناسایی تغییرات زمانی و فضایی پوشش گیاهی شیراز با استفاده از تکنیک تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی.
- تحلیل نحوه پراکندگی دمای سطحی در ارتباط با انواع کاربری/پوشش زمین
- بررسی ارتباط تغییرات جزیره حرارتی با تغییرات کاربری/پوشش زمین

سوالات اصلی تحقیق

با توجه به مطالب بیان شده، پژوهش حاضر به دنبال پاسخگویی به پرسش‌های زیر است:

آیا می‌توان با استفاده از داده‌های سنجش از دوری و تصاویر ASTER به وقوع پدیده جزیره حرارتی شهری در شهر شیراز پی برد؟ شدت و گسترش الگوی توزیع مکانی زمانی جزایر حرارتی چه رابطه‌ای با پوشش سطح زمین نشان می‌دهد؟ ساختار جزیره حرارتی شیراز دستخوش چه تغییرات فضایی و زمانی شده است؟

با توجه به اینکه امکان استخراج پوشش‌های مختلف اراضی در یک منطقه و همچنین دمای سطح با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور وجود دارد، در این تحقیق ما به دنبال این بوده‌ایم که ضمن استخراج اطلاعات پوشش اراضی و نیز برآورد دمای سطح زمین، به بررسی نحوه ارتباط آنها با یکدیگر پردازیم. در راستای نیل به این هدف، چگونگی اثر گذاری هر یک از کلاس‌های پوشش اراضی بر دمای سطح زمین، هم بصورت جداگانه و هم بصورت توأمان مورد بررسی قرار گرفت. (آخوند زاده، ۱۳۸۶)

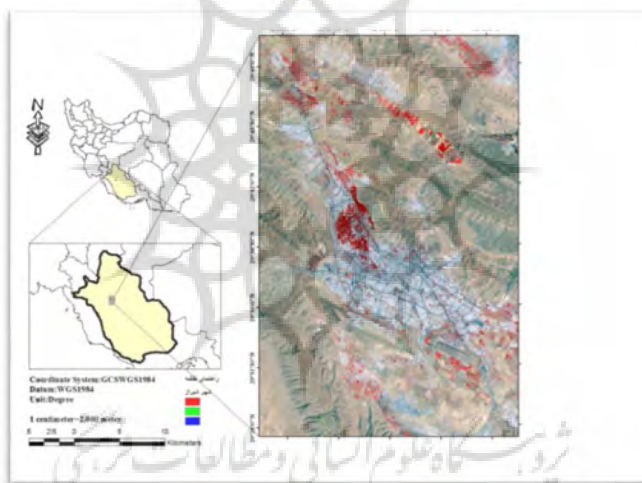
1. Land Surface Temperature
2. peng fei wu
3. Jacobz
4. Priess
5. Manik
6. Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

با توجه به مطالب فوق، در این مطالعه پدیده جزایر حرارتی سطح زمین و رابطه آن با پوشش اراضی در کلان‌شهر شیراز با استفاده از تولیدات ماهواره‌ای سنجنده ASTER^۲ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

توصیف منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه تحقیق شیراز می‌باشد. این شهر به عنوان یکی از مناطق صنعتی، توریستی و جمعیتی دارای رشد بالای توسعه شهری و افزایش جمعیت بوده است. با توجه به تاثیر عرض جغرافیایی و اقلیم‌های مختلف بر دمای سطح و پدیده جزایر حرارتی، شهر شیراز دارای اقلیم و آب و هوای گرم و نیمه‌خشک است. محدوده مطالعاتی در این تحقیق در شکل ۴-۱ نمایش داده شده است.

شهر شیراز به عنوان مرکز استان فارس در دشتی تقریباً مستطیل شکل در ۲۹ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۵۴۰ متر و فاصله آن با تهران به عنوان پایتخت کشور ۸۹۵ کیلومتر می‌باشد. متوسط درجه حرارت سالانه ۱۷/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و حداکثر درجه حرارت به ۴۳/۲ درجه سانتی‌گراد در فصول گرم و حداقل درجه حرارت ۱۴- درجه سانتی‌گراد و در فصول سرد تنزل می‌یابد. میزان بارندگی سالانه بیش از ۳۰۷ میلی‌متر بوده و روزهای یخبندان حدود ۵۴ روز می‌باشد.



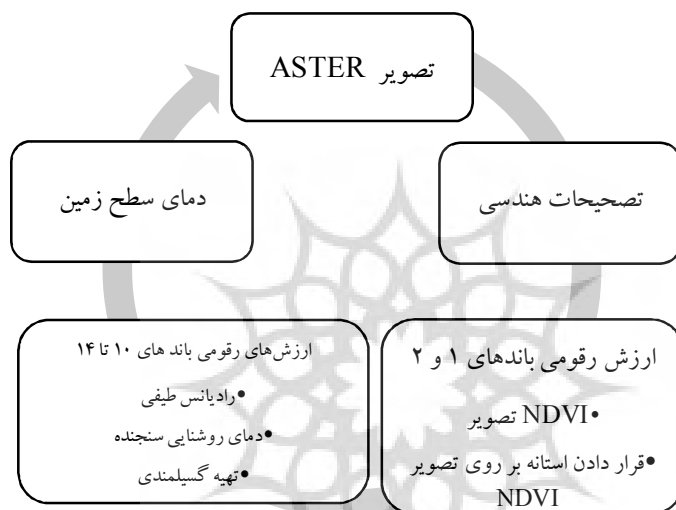
شکل (۱): منطقه مورد مطالعه، شیراز

براساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ خورشیدی، جمعیت شهر شیراز در این سال بالغ بر ۱,۲۱۴,۸۰۸ تن بوده است که از این تعداد ۶۱۳,۸۳۰ تن مرد و ۶۰۰,۹۷۸ تن زن بوده‌اند. همچنین تعداد خانوارهای ساکن این شهر، ۳۱۵,۷۲۵ خانوار بوده است. سرانه فضای سبز در شیراز در سال ۱۳۸۷ برابر با ۱۲,۷ متر مربع به ازای هر تن است. هم‌اکنون در شهر شیراز ۱۱۸ پارک فعالیت می‌کنند که این تعداد شامل ۴۸ پارک شهری و ۷۰ پارک محله‌ای می‌باشد که از این جهت مساحت کل پارکها در شیراز ۲,۱۷۰,۵۵۰ متر مربع می‌باشد که از این میزان ۱۲۸,۰۴۴ متر مربع متعلق به پارکهای محله‌ای و ۲,۰۴۲,۵۰۶ متر مربع متعلق به پارکهای شهری است و همچنین پارک آزادی با ۲۰۴,۱۹۱ مترمربع مساحت بزرگترین پارک شیراز محسوب می‌شود. شهر شیراز از جمله شهرهای پرجمعیت است که دچار آلودگی هواست. بعلت واقع شدن بین دو رشته کوه انتهایی جنوبی زاگرس و رشد به نسبت بالای جمعیت و همچنین تعداد گوناگونی رو به افزایش آلاینده‌ها، به نظر می‌رسد که مشکل آلودگی در طول زمان روند صعودی و کمتر قابل پیشگیری را به خود بگیرد (اشرفی، ۱۳۸۴).

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از منابع داده مختلف از جمله تصویر ماهواره‌ای ASTER، از جمله نقشه‌های دمای سطح زمین، شاخص پوشش گیاهی^۱ NDVI، تصاویر ETM+ و نقشه‌های نرم افزار گوگل ارث استفاده گردید. همچنین از نرم افزارهای مختلف جهت تصحیح و آماده سازی داده‌ها و پیاده‌سازی تکنیک‌ها استفاده شد. (صادقی نیا، ۱۳۹۱)

برای تهیه نقشه حرارتی از باند ۱۰-۱۴ سنجنده استر استفاده کردیم که دارای قدرت تفکیک مکانی ۹۰ متر را دارد که برای تحصیل و تعیین تفاوت‌های دمایی میان پدیده‌های شهری پیچیده مناسب است و امکان آنالیز موثر اقلیم شهری را فراهم می‌نماید. تصویر مورد استفاده شده در این تحقیق در شرایط مناسب اتمسفری است به دلیل اینکه در فصل گرم سال تهیه شده است. واضح است که محتوی بخار آب به علت تغییرات فصلی و درون فصلی شرایط اتمسفر در طول زمان در حال تغییر است. از همین رو است که مقایسه تصاویر ماهواره‌ای در چند زمان مختلف مناسب به نظر نمی‌رسد (موسوی بایگی، ۱۳۹۳).



شکل (۲): مراحل تهیه تصویر حرارتی شهر مورد مطالعه

به منظور بررسی وضعیت جزایر حرارتی در یک منطقه در ابتدای امر می‌بایست نقشه دمای سطح زمین^۲ LST آن منطقه به درستی تهیه گرد، تا به اکنون الگوریتم‌های بیشماری در زمینه محاسبه دمای سطح با استفاده از داده‌های حرارتی ماهواره‌های سنجنش از دوری توسعه و پیاده سازی شده است، برخی از این الگوریتم‌ها متناسب با ویژگی‌های سنجنده‌های خاصی طراحی شده‌اند و برای سنجنده‌های دیگر به کلی قابل استفاده نمی‌باشند. برخی دیگر تنها در کاربری اراضی خاصی مثلا فقط در اراضی زراعی یا شهری و غیره نتیجه قابل قبولی به ما می‌دهند. در حالیکه رایج‌ترین الگوریتم‌های مورد استفاده در این زمینه غالبا آنهايي هستند که برای شرایط مختلف (سنجنده‌ها و کاربری‌های متفاوت) تعدیل و پیاده سازی می‌گردند. الگوریتم‌های Multi-channel method و Single-channel method از این نوع می‌باشند. انتخاب الگوریتم مناسب جهت محاسبه دمای سطح با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اولین و اساسی‌ترین گام در روند استخراج جزایر حرارتی شهر می‌باشد. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای (ASTER Level 1B) جهت استخراج جزایر حرارتی شهر استفاده شده است، و به منظور بررسی موضوع از زوایای مختلف آن و عدم اکتفا به انجام تحلیل‌ها بر روی یک تصویر واحد، دو تصویر در فصول زمستان و تابستان (فصل سرد و فصل گرم) و نیز یک تصویر شبانه فصل زمستان با ویژگی‌های ذکر شده در جدول شماره ۳-۱ تهیه شده‌اند. (اشرفی، ۱۳۸۴)

1. Normalized Difference Vegetation Index
2. Land Surface Temperature

جدول (۱): مشخصات تصاویر استفاده شده در استخراج جزایر حرارتی، شاخص های بکار رفته و نقشه های کاربری اراضی

نام	تاریخ برداشت	ساعت برداشت (UTC)	VNIR	SWIR	TIR	اندازه سلول (متر)
ASTB141218072104	18/12/2014	07:21:04	*		*	90,30,15
ASTB141220184458	20/12/2014	18:44:58	*		*	90,30,15
ASTB150518072113	18/05/2015	07:21:13	*		*	90,30,15

در این تحقیق از متد Multi-channel جهت محاسبه دمای سطح زمین استفاده شده است که شرح مبسوط مبانی نظری الگوریتم بکار رفته در زیر آمده است.

تصویر ASTER ماهواره TERRA

تصاویر ماهواره‌ای استر که از توان طیفی بالایی برخوردار می‌باشند کاربرد وسیعی خصوصاً در زمین‌شناسی و تفکیک آلتراسیون‌ها که خود از مهمترین شاخصه‌های کانی‌سازی‌های مختلف محسوب می‌شوند، دارد، دو باند مرئی، یک باند مادون قرمز نزدیک، شش باند مادون قرمز کوتاه و پنج باند حرارتی تصاویر استر امکان تفکیک رس‌های اپی ترمال، اکسیدهای آهن، سیلیس، کربنات‌ها، سنگهای مافیک و آلتراسیون‌های پروپلیتیکی را فراهم می‌سازند. (Xungqiang, M, Chen, C, Fuqun, Z, Hongyuan, L, 2011) سنجنده آستر، تصویر بردار چند طیفی ۱۴ بانده است که بر ماهواره TERRA سوار بوده و اطلاعات منابع زمینی را در سه محدوده طیفی مرئی - فروسرخ نزدیک (VNIR)، فروسرخ موج کوتاه (SWIR) و فروسرخ گرمایی (TIR) اخذ می‌کند.

الگوریتم استخراج دمای سطح زمین از باندهای حرارتی ASTER

داده ASTER دارای ۵ باند حرارتی است که از بین آنها باندهای ۱۳ و ۱۴ از قابلیت بالاتری جهت استخراج دمای سطح زمین برخوردار می‌باشند. به طور کلی استخراج LST با استفاده از دو باند حرارتی تحت عنوان تکنیک پنجره مجزا شناخته شده است. در سه دهه اخیر بیش از ۲۰ الگوریتم پنجره مجزا توسعه و مطرح شده‌اند. در این میان سنجنده ASTER نیز به دلیل در دسترس بودن داده‌های آن^۲ و کاربردهای محیطی فراوان آن بویژه بدلیل دارا بودن باندهای حرارتی از پژوهشهای توسعه الگوریتمهای مختلف جهت استخراج اطلاعات از آن مستثنا نبوده و کارهای بی شماری در این حوزه صورت گرفته است. الگوریتمی که در اینجا استفاده می‌شود تنها از دو پارامتر کلیدی در برآورد LST استفاده می‌کند اما در عین حال همان دقت الگوریتم‌هایی که از پارامترهای بیشتری استفاده می‌کنند را به نمایش می‌گذارد. طراحان این الگوریتم مربع ریشه خطا (RMS) برای خروجی حاصل از آن را ۰/۶۷ درجه سانتیگراد در صورتیکه خطای عبورپذیری اتمسفر برابر با ۰/۰۵ و خطای گسیلمندی برابر با ۰/۰۱ برآورد کرده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که این الگوریتم یک تکنیک مطمئن جهت استخراج دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده ASTER می‌باشد (قاسمیان، ۱۳۷۷). (mani k .T. K , Syaukat.S, 2015)

داده‌های نقشه‌ای

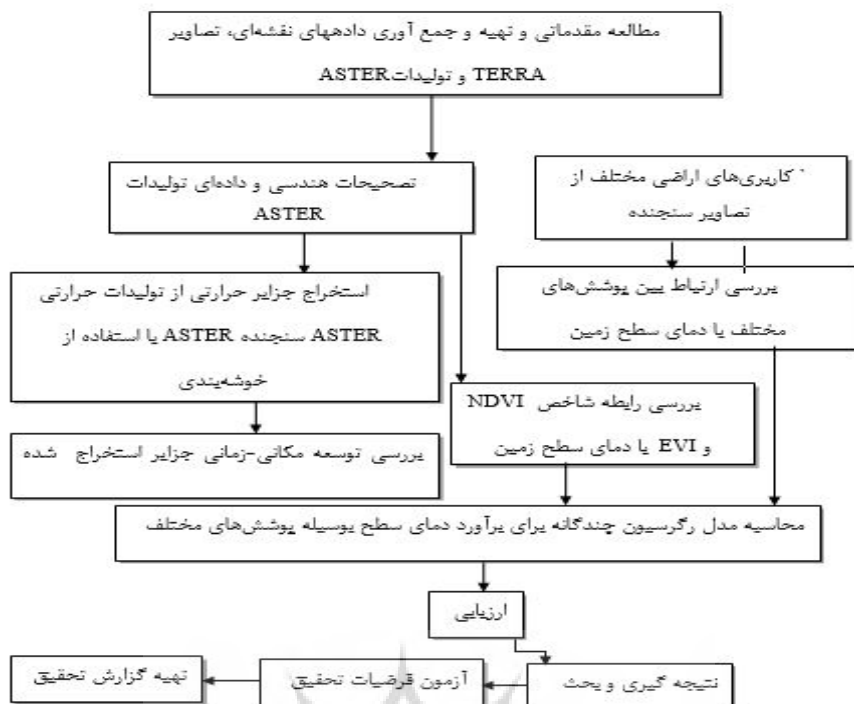
نقشه کاربری اراضی مورد استفاده در این تحقیق، تهیه شده توسط سازمان نقشه برداری، شهرداری شیراز با مقیاس ۱/۲۰۰۰۰، ۱/۱۰۰۰۰۰ استفاده شده است.

روش انجام تحقیق

مراحل انجام کار این تحقیق، تهیه و آماده سازی داده های مورد نیاز، روش های پردازش تصاویر، استخراج تصاویر حرارتی شهر شیراز و جزایر حرارتی شهر شیراز و بررسی کاربری اراضی در جزایر حرارتی شهر شیراز در شکل ۳-۲ نمایش داده شده است.

1. Split window

۲. تا چند سال قبل دسترسی به داده های این سنجنده به صورت جزئی امکانپذیر بوده اما در اخیرا اغلب محصولات آن به صورت رایگان یا به صورت دانلود مستقیم و یا به صورت ارسال سفارش قابل دریافت شده‌اند.



شکل (۳): روش کار

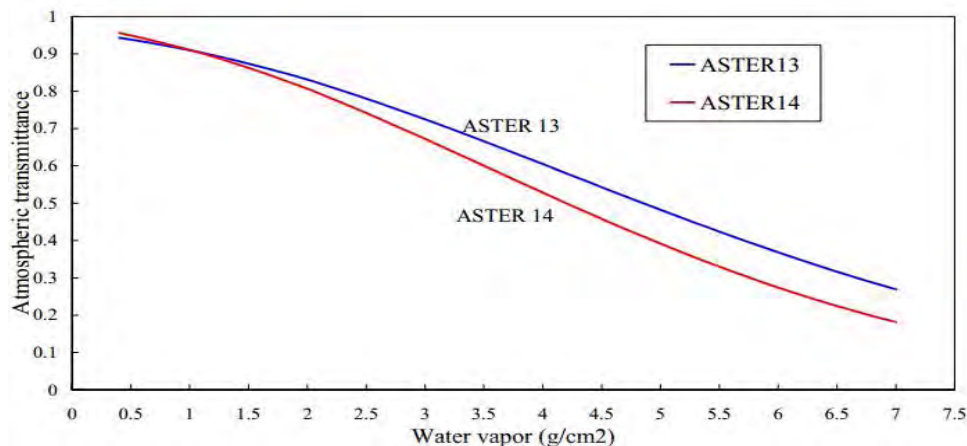
برآورد گسیلمندی زمینی

گسیلمندی زمینی پارامتری بسیار مهم در محاسبه LST از داده‌های سنجنش از دوری می‌باشد. مقدار گسیلمندی زمینی عمدتاً به ترکیب ساختاری مواد سطح زمین وابسته است. در اکثر مواقع سطح زمین در یک منطقه از تصویر می‌تواند به صورت ترکیبی از دو مادی کاربری مهم: خاک و پوشش گیاهی در نظر گرفته شود. مشخصات حرارتی خاک و پوشش گیاهی سبز به دلیل ناهمگنی در ترکیب آنها متغیر می‌باشد. با این وجود، دامنه تغییرات گسیلمندی خاک و پوشش گیاهی در مقایسه با گسیلمندی زمینی به نسبت مقدار کوچکی است. با این فرض می‌توانیم با استفاده از قانون تشعشع تابش حرارتی مدلی کارآمد برای برآورد گسیلمندی زمینی منطبق با ترکیب سطحی دو نوع ماده توسعه دهیم

تخمین عبورپذیری اتمسفری

عبورپذیری اتمسفر یک پارامتر کلیدی که بر دقت برآورد LST با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا تأثیر می‌گذارد. تابش حرارتی در مسیر خود تا سنجنده دچار تضعیف می‌شود. عبورپذیری نمایانگر دامنه تضعیف تابش که در اتمسفر در حال انتقال به سمت سنجنده است. مقدار آن در طول موجها و زوایای دید مختلف متفاوت است. بسیاری از عوامل تضعیف مانند بخار آب، O_3 ، CO_2 و دیگر گازها بر عبور پذیری انرژی حرارتی از اتمسفر مؤثر می‌باشند. با این وجود محتوی O_3 ، CO_2 و دیگر گازها به طور نسبی در اتمسفر ثابت می‌باشد. و بر طبق این اثر آنها می‌تواند ثابت در نظر گرفته شود و بوسیله پروفایلهای اتمسفری استاندارد شبیه‌سازی گردد. در مقابل بخر آب جو بسیار متغیر است. بنابراین تغییرات عبور پذیری اتمسفر به شدت به محتوی بخار آب در پروفایل وابسته است. بر همین اساس اغلب الگوریتم‌های پنجره مجزا به هنگام محاسبه عبور پذیری اتمسفر محتوی بخار آب را تنها عامل متغیر و بقیه عوامل را ثابت در نظر می‌گیرند (افشار، ۱۳۷۹).

عبور پذیری به صورت تدریجی با افزایش محتوی بخار آب در اتمسفر کاهش می یابد (شکل ۴-۲) به منظور تخمین خطی بهتر، منحنی را به سه بخش برای همبستگی تقسیم می کنند که معادلات مشاهده شده در جدول ۳-۴ جهت محاسبه عبور پذیری اتمسفر برای داده ASTER را منتج می شود.



شکل (۴): رابطه بین عبور پذیری اتمسفر و بخار آب در باندهای ۱۳ و ۱۴ سنجنده ASTER

جدول (۲): روابط محاسبه عبور پذیری اتمسفر

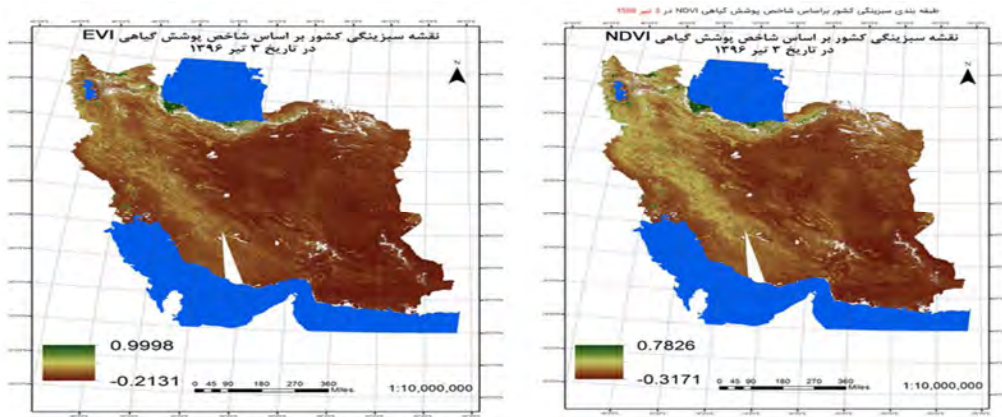
SEE	R ²	معادلات تخمین	محتوی بخار آب $(W)gcm^{-2}$
0/002266	0/99425	$\tau_{13}=0.979160-0.062918w$	0/4-2/0
0/002501	0/99716	$\tau_{14}=0.968144-0.098942w$	
0/002602	0/99746	$\tau_{13}=1.035378-0.097514w$	2/0-4/0
0/002486	0/99879	$\tau_{14}=1.026468-0.135133w$	
0/000825	0/99999	$\tau_{13}=1.098068-0.118847w$	4/0-6/0
0/002246	0/99947	$\tau_{14}=1.034865-0.139598w$	

پیاده سازی و عملیات اجرایی

توسعه شهرنشینی و فعالیت های صنعتی در شهرهای بزرگ منجر به تغییرات وسیعی در مشخصات فیزیکی سطح زمین، انرژی گرمایی آزاد شده، آلودگی هوا، تغییرات دما و سایر پارامترهای هواشناختی می شود و جزیره حرارتی شهری را ایجاد می کند. در این مطالعه تغییرات ناشی از آثار شهرنشینی روی وضع هوا و اقلیم محلی در کلان شهر شیراز بررسی شد. لایه های اطلاعاتی مورد نیاز در منطقه شیراز اخذ شده و آماده سازی می گردد (Barry R , R J.Chorley, 1987)

نتایج هم مختصات سازی و اصلاح داده ها

پس از هم مختصات سازی و اصلاحات داده ای تصاویر مربوط به زمستان بعد به دلیل پوشش های بالای ابر در زمستان همچنان دارای نسبت بالای پیکسل های از دست رفته بود. لذا این تصاویر برای اهداف این مطالعه نامناسب بود و از فرآیند پژوهش حذف شدند. نمونه نتایج این تصحیحات در شکل نمایش داده شده است. تصویر سمت اول نمایش دهنده ای سطح زمین و تصویر دوم شاخص نرمال شده ی پوشش گیاهی (NDVI) است.

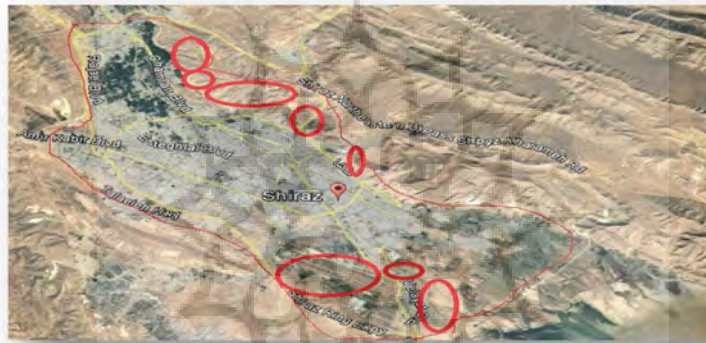


شکل (۶): شاخص نرمال شده‌ی پوشش گیاهی

شکل (۵): نمایش دهنده‌ی دمای سطح زمین

بررسی تغییرات مکانی جزایر حرارتی

با اجرای الگوریتم گتیس-اورد جزایر شیراز در فصل تابستان مربوط به سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ مشخص شد. نتایج حاصل از بررسی تغییرات مکانی زمانی جزایر حرارتی در شهر مورد مطالعه در شکل‌های ۴-۶ و ۴-۷ نمایش داده شده است.



شکل (۷): تغییرات زمانی جزایر حرارتی شهر شیراز

با توجه به نتایج بدست آمده، شهر شیراز بیشترین میزان گسترش جزایر را نسبت به هسته اولیه جزایر در سال ۲۰۰۷ را تجربه کرده‌اند



شکل (۸): تغییرات گسترش ناحیه مشترک جزایر حرارتی شهر مورد مطالعه

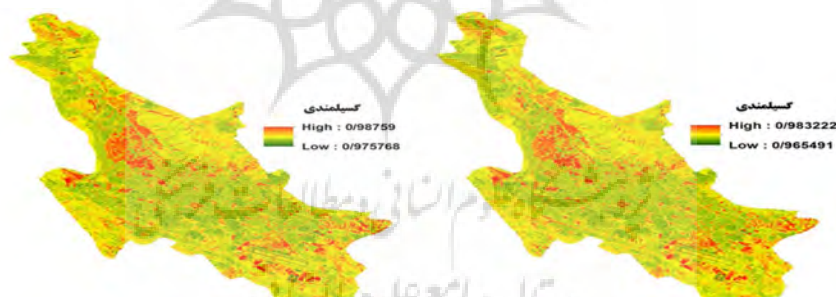
جدول (۳): میزان گسترش سطح جزایر (بر حسب درصد) نسبت به هسته اولیه در شهر مورد مطالعه

شیراز	میزان گسترش جزایر
۴۴ (۲۱)	مساحت جزایر در سال ۲۰۰۷ بر حسب KM^2 (نسبت به مساحت شهر %)
۱۷	میزان گسترش جزایر در سال ۲۰۰۸ نسبت به هسته اولیه جزایر شهر بر حسب %
۱۲	میزان گسترش جزایر در سال ۲۰۰۹ نسبت به هسته اولیه جزایر شهر بر حسب %
۱۲	میزان گسترش جزایر در سال ۲۰۱۰ نسبت به هسته اولیه جزایر شهر بر حسب %
۱۳/۵	میزان گسترش جزایر در سال ۲۰۱۱ نسبت به هسته اولیه جزایر شهر بر حسب %
۴۸	میزان گسترش جزایر در دوره ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ (نسبت به هسته اولیه جزایر شهر %)

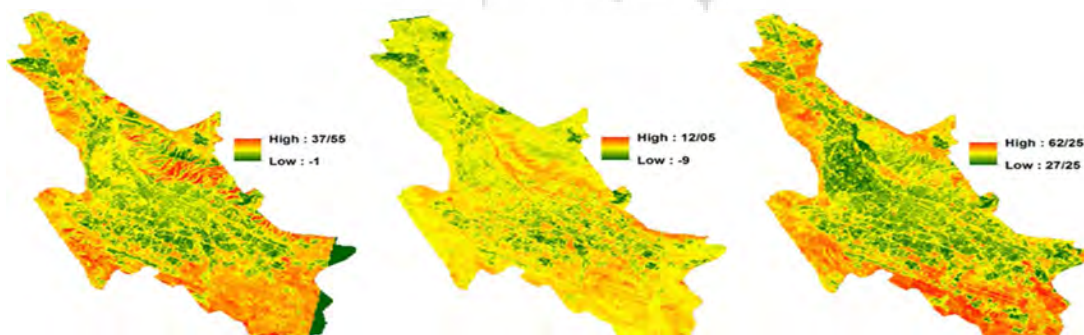
پایش گسیلمندی زمینی منطقه مورد مطالعه

گسیلمندی سطح زمین از جمله متغیرهایی است که در دامنه وسیعی از مطالعات و تحقیقات علوم زمین و محیط زیست کاربرد دارد و یکی از پارامترهای اساسی در برآورد دمای سطح می‌باشد. فناوری سنجنش از دور، امکان پایش این کمیت را در سطح وسیعی فراهم می‌آورد. تغییرات گسیلمندی وابسته به پارامترهای سطح (نظیر بافت، توپوگرافی، رطوبت) و سنجنده (نظیر قدرت تفکیک مکانی، تابع پاسخ طیفی، و طول موج موثر باندها) می‌باشد (جنگی، ۱۳۸۶).

پارامتر گسیلمندی سطح^۱، یکی از مهمترین ویژگی ذاتی مواد و پدیده‌های سطح زمین^۲ است، لذا نه تنها برآورد این پارامتر برای به دست آوردن دمای سطح زمین ضروری است بلکه آن اطلاعات مفیدی برای زمین‌شناسی و مطالعات زیست محیطی، نقشه‌های معدنی فراهم می‌کند و یکی از مهمترین پارامترهای ورودی برای مدل‌های آب و هوا، محیط زیست و بیولوژیکی است. روشهای مختلف برآورد گسیلمندی سطح با اهداف یکسان ولی تحت شرایط مختلف، برای کاربردهای مختلف، دارای مزایا و محدودیت‌هایی پیشنهاد شده است.



شکل (۹): گسیلمندی حساب شده برای داده زمستان، سمت راست برای بانده ۱۳ و سمت چپ برای بانده ۱۴



شکل (۱۰): دمای سطح زمین (درجه سانتیگراد) محاسبه شده برای سه تصویر ASTER از سمت راست تصویر تابستان روز، تصویر زمستان شب و تصویر زمستان روز.

1. Land surface emissivity
2. Land surface temperature

تهیه نقشه حرارتی

با توجه به این که تصاویر مورد استفاده در این تحقیق دارای تغییرات فصلی و روزانه هستند، لذا مقایسه مستقیم داده‌های مطلق دمای استخراج شده از تصاویر به هیچ عنوان منطقی و علمی نیست. در نتیجه ابتدا باید با استفاده از یک روش آماری قدرتمند داده‌های دمای هر ۳ تصویر استاندارد شده و در گام بعدی تغییرات زمانی آنها مورد بررسی قرار گیرد (Fei wu . P, Xia Zhang (X , 2007).

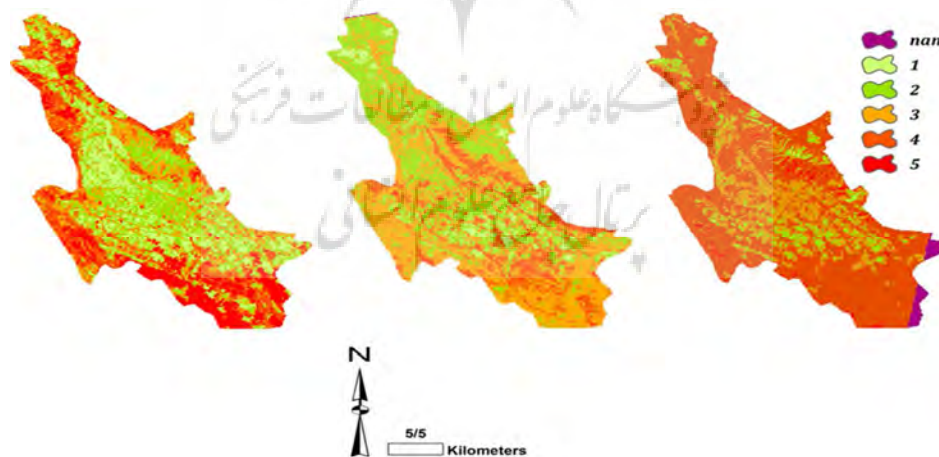
بنابراین ابتدا با استفاده از دو پارامتر حداقل دما و حداکثر دمای هر تصویر، داده‌های هر تصویر نرمال شد. سپس با استفاده از این روش داده‌های تمام تصاویر توزیع یک شکل پیدا کرد و توزیع آن بین ۰ و ۱ قرار گرفت. برای نرمال سازی تصاویر از رابطه زیر استفاده شد (ضیائیان، ۱۳۹۱)

$$N_i = \frac{T_i - T_{min}}{T_{max} - T_{min}}$$

در این رابطه: N_i مقدار نرمال شده سلول i ، T_i مقدار دمای مطلق سلول i ، T_{min} حداقل دمای هر تصویر و T_{max} حداکثر دمای هر تصویر است. سپس تصویر نرمال شده با استفاده از مقدار میانگین و انحراف معیار خود به ۵ طبقه دمایی تقسیم شدند. در جدول شماره ۴-۲ T_{min} بیانگر میانگین دمای هر یک از تصاویر نرمال شده و std نشاندهنده مقدار انحراف معیار هر یک از تصاویر نرمال شده است.

جدول (۴): نحوه طبقه بندی داده‌های دمای سطحی تصاویر مطالعه شده به ۵ طبقه دمایی

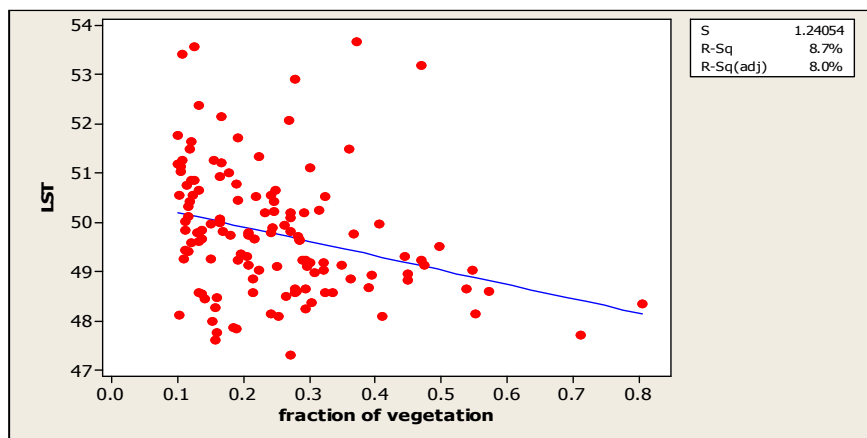
دامنه مربوط به هر طبقه بندی	طبقه بندی دما
$T \leq T_{mean} - 1.5 std$	دمای بسیار پایین (طبقه ۱)
$T_{mean} - 1.5 std < T < T_{mean} - std$	دمای پایین (طبقه ۲)
$T_{mean} - std < T \leq T_{mean} + std$	دمای متوسط (طبقه ۳)
$T_{mean} - std < T \leq T_{mean} + 1.5 std$	دمای بالا (طبقه ۴)
$T > T_{mean} + 1.5 std$	دمای بسیار بالا (طبقه ۵)



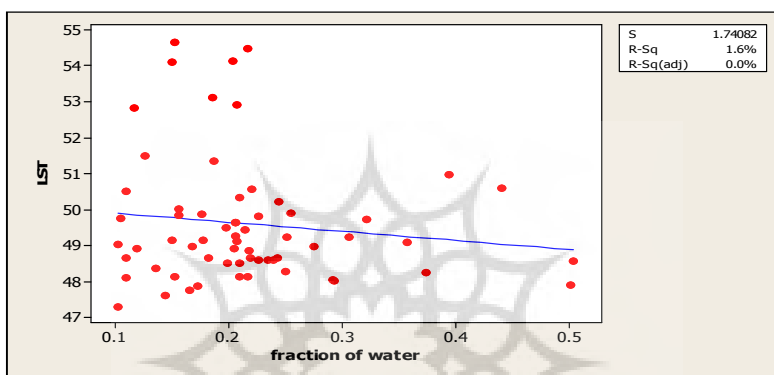
شکل (۱۰): نقشه‌های حرارتی نرمال شده به ۵ طبقه دمایی استاندارد، از سمت راست نقشه زمستان روز، زمستان شب، تابستان روز

بررسی رابطه پوشش‌های مختلف با دمای سطح

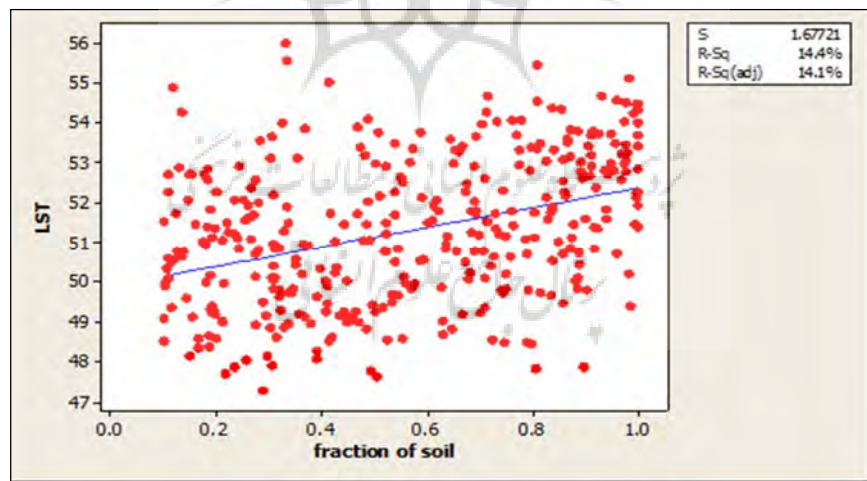
نتایج حاصل از بررسی رابطه پوشش‌های مختلف با دمای سطح در شکل‌های ۱۱ تا ۱۲ نمایش داده شده است.



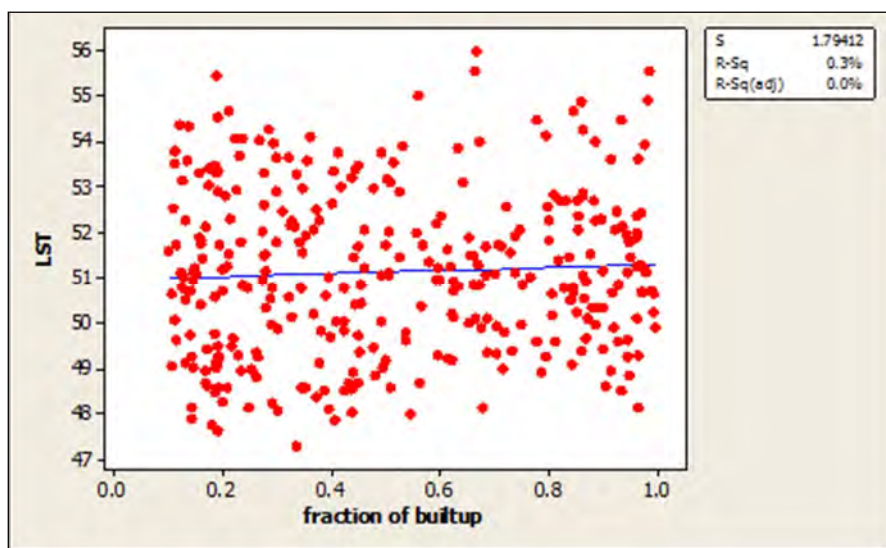
شکل (۱۱): رابطه بین دمای سطح و درصد پوشش گیاهی در شهر شیراز



شکل (۱۲): رابطه بین دمای سطح و درصد آب در شهر شیراز



شکل (۱۳): رابطه بین دمای سطح و درصد خاک در شهر شیراز



شکل (۱۴): رابطه بین دمای سطح و درصد سطوح ساخته شده در شهر شیراز

برآزش خطی بین درصد پوشش‌های مختلف نشان دهنده اثر کاهشی پوشش گیاهی و اثر افزایشی زمین‌های بایر بر دمای سطح است. بین درصد سطوح ساخته شده و دمای سطح رابطه‌ای مشاهده نمی‌شود بدین معنی که با افزایش سطوح ساخته شده دمای سطح کاهش می‌یابد. علت این امر حضور و تاثیر پوشش‌های خاک و پوشش گیاهی در سلول‌های مختلط از این پوشش‌ها در کنار سطوح ساخته شده می‌باشد. به طور خلاصه تر شاهد رفتار دو گانه سلول‌های مخلوط با افزایش سطوح ساخته شده هستیم. در مورد اول سلول‌های مخلوطی که درصد پوشش گیاهی بیشتری نسبت به خاک در حضور سطوح ساخته شده است. مورد دوم مربوط به سلول‌های مخلوط با پوشش غالب خاک در کنار سطوح ساخته شده است. برای بررسی جداگانه این موارد با انتخاب سلول‌های مخلوطی که پوشش غالب آنها خاک است و در مرحله دوم سلول‌هایی که پوشش غالب آنها پوشش گیاهی است به بررسی تاثیر افزایش درصد سطوح ساخته شده و جایگزین شدن سطوح ساخته شده به جای این پوشش‌ها بر دمای سطح پرداخته شد. در سلول‌های مخلوطی که پوشش غالب در درصدهای پایین سطوح ساخته شده، پوشش گیاهی است، افزایش و جایگزینی سطوح ساخته شده به جای پوشش گیاهی سبب افزایش دما و در سلول‌های مخلوطی که پوشش غالب در درصدهای پایین سطوح ساخته شده خاک است افزایش و جایگزینی سطوح ساخته شده به جای خاک لخت با کاهش و یا عدم تغییر در دمای سطح همراه است. دلیل این امر میانگین پایین تر و نزدیک دمای سطوح ساخته شده نسبت به زمین‌های بایر و میانگین بالاتر سطوح ساخته شده نسبت به پوشش گیاهی می‌باشد (امیری فرد، ۱۳۷۱).

بنابراین خاک لخت بیشترین دمای سطح را در تمام شهرها و پس از آن سطوح ساخته دارای دمای بیشتر نسبت به پوشش گیاهی و پوشش گیاهی دارای کمترین میانگین دمای سطح بود. تفاوت میانگین سطوح ساخته شده و خاک کمتر از تفاوت این سطوح با پوشش گیاهی است. لذا با جایگزینی سطوح ساخته شده به جای پوشش گیاهی تاثیر بیشتری نسبت به جایگزینی سطوح ساخته شده به جای خاک را نشان می‌دهد. با توجه به شرایط مشابه سلول‌های مختلط در شهرهای دیگر هم این موارد مورد بررسی قرار گرفت. (افشار، ۱۳۷۹)

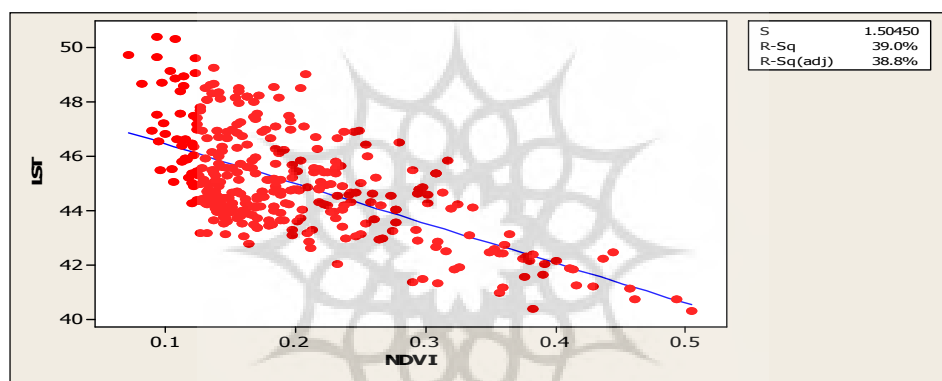
جدول (۵): میانگین دمای پوشش‌های مختلف در شهرهای مورد مطالعه

نام شهر	میانگین دمای پوشش گیاهی	میانگین دمای خاک	میانگین دمای سطوح ساخته شده
شیراز	۳۹/۳۶	۴۹/۸۲۵	۴۵/۱۸۹

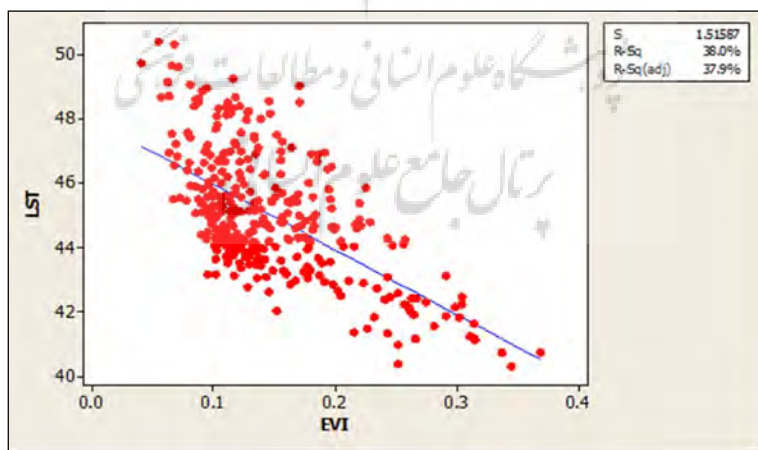
نتایج برازش‌های انجام شده در شهر شیراز حاکی از اثر کاهش پوشش گیاهی (و آب در شهر شیراز) بر دمای سطح و نقش افزایش سطوح ساخته و زمین‌های بایر بر دمای سطح است. گستردگی جغرافیایی شیراز و شرایط ناهمگون مناطق مختلف این شهر از نظر آلودگی، ترافیک، تراکم و تنوع هر پوشش در این شهر از علل این موضوع هستند. با بررسی برازش‌های انجام شده در شهر مورد مطالعه شاهد دامنه تغییرات بالای دمای سطح به خصوص در درصدهای پایین پوشش‌های مورد بررسی بودیم. این امر حاکی از تاثیر دیگر پوشش‌ها در کنار پوشش مورد بررسی در سلول‌های مخلوط است. لذا بررسی رابطه درصد پوشش‌های مختلف با دمای سطح با استفاده از رگرسیون چند گانه می‌تواند تاثیرات هر پوشش در حضور دیگر پوشش‌ها را بر دمای سطح را مورد بررسی قرار داد. (اکبری، ۱۳۷۹)

بررسی رابطه دمای سطح و NDVI و EVI^۱

با توجه به گسترش کمتر پوشش گیاهی نسبت به دیگر پوشش‌ها در شیراز، برای بررسی بیشتر رابطه دمای سطح با پوشش گیاهی از تولیدات NDVI و EVI سنجنده استفاده شد. بدین منظور با رسم اسکترپلات دمای سطحی و NDVI و EVI در سال‌های مختلف برای شیراز به بررسی رابطه این دو متغیر پرداخته شد. نتایج این بررسی در شکل‌های ۱۵ تا ۱۶ نمایش داده شده است.



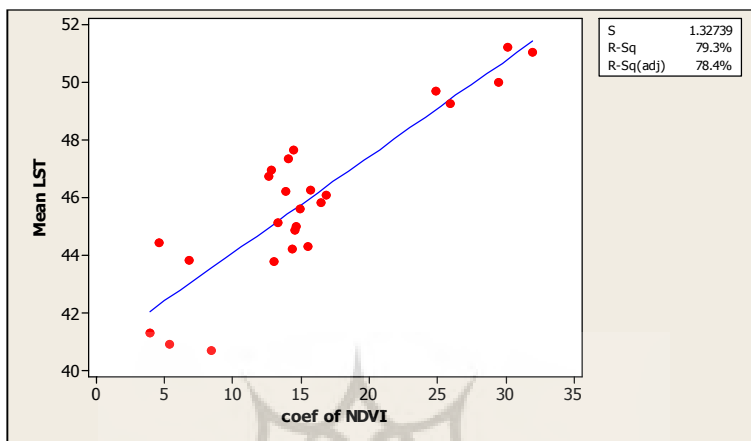
شکل (۱۵): رابطه دمای سطح و شاخص NDVI شیراز تیر ماه ۲۰۱۱



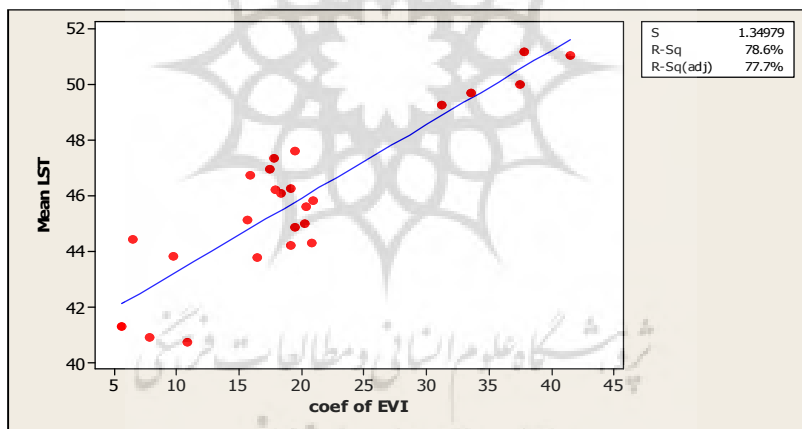
شکل (۱۶): رابطه دمای سطح و شاخص EVI شیراز تیر ماه ۲۰۱۱

1. Enhanced Vegetation Index

با توجه به برازش‌ها شهر شیراز در واقع در شهرهای با عرض‌های پایین‌تر با هوای گرم‌تر می‌توان تاثیر کاهنده بیشتر پوشش گیاهی بر دمای سطح نسبت به شهرهای عرض‌های بالاتر با هوای خنک‌تر را مشاهده کرد. برازش بین ضرایب NDVI و EVI در رابطه بین این دو متغیر و دمای سطح زمین و میانگین دمای سطح زمین حاکی از افزایش تاثیر کاهشی پوشش گیاهی با افزایش میانگین دمای سطح می‌باشد. برازش این دو شاخص با دمای سطح در کنار یکدیگر هم نشان دهنده ضریب تاثیر منفی شاخص EVI نسبت به شاخص NDVI است. (sobrino, 1996)



شکل (۱۷): رابطه بین میانگین دمای شهرها و ضریب NDVI مربوط به رابطه بین NDVI و دمای سطح



شکل (۱۸): رابطه بین میانگین دمای شهرها و ضریب EVI مربوط به رابطه بین EVI و دمای سطح

همبستگی چند متغیره بین پوشش‌های مختلف و دمای سطح

همان‌طور که قبلاً بیان شد برازش درصد هر پوشش و دمای سطح زمین حاکی از تاثیر دیگر پوشش‌ها در کنار پوشش مورد بررسی در سلول‌های مخلوط است. لذا بررسی رابطه درصد پوشش‌های مختلف با دمای سطح با استفاده از رگرسیون چندگانه می‌تواند تاثیرات هر پوشش در حضور دیگر پوشش‌ها را بر دمای سطح را مورد بررسی قرار داد. نتایج این بررسی در جدول ۴-۷ و ۴-۱۰ نمایش داده شده است.

جدول ۶: مدل رگرسیونی چندمتغیره برآورد دمای سطح بوسیله درصد پوشش‌های مختلف

شهر	رگرسیون چند گانه بین درصد پوشش‌های مختلف و دمای سطح	R ²
شیراز	$LST = - 7.1 + 56.1 \text{ Soil} + 51.3 \text{ Builtup} + 46.5 \text{ Vegetation}$	۶۸/۴

جدول (۷): مقادیر T-value مربوط به مدل رگرسیونی چند متغیره برآورد شده در جدول

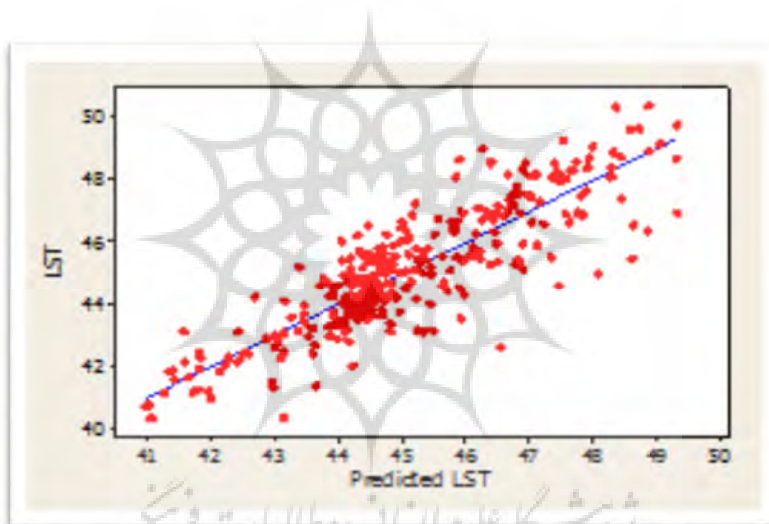
T-value of soil	T-value of Built-up	T-value of Vegetation	شهر
۱/۷۰	۴/۵۶	۱/۴۱	شیراز

جدول (۸): مدل رگرسیونی چند گانه برآورد دمای سطح بوسیله درصد پوشش های مختلف و شاخص های NDVI و EVI

R Squar	رگرسیون چند گانه بین درصد پوشش های مختلف و دمای سطح	شهر
۷۰/۹	$LST = 42.9 - 7.88 NDVI + 5.92 Soil + 1.47 Built-up$	شیراز
۷۰/۲	$LST = 42.5 - 9.93 EVI + 6.32 Soil + 1.77 Built-up$	

جدول (۹): مقادیر T-value مربوط به مدل رگرسیونی چند متغیره برآورد شده

T-value of soil	T-value of Built-up	T-value of NDVI	T-value of EVI	شهر
۱۰/۵۸	۲/۷۳	-۸/۰۳	-	شیراز
۱۱,۶۲	۳/۳۱	-	-۷/۵۰	



شکل (۱۹): برازش دمای سطح و دمای پیش بینی شده توسط مدل رگرسیونی.

جایگذاری شاخص های NDVI و EVI به جای درصد پوشش گیاهی مشاهده شد که مقدار R^2 مربوط به مدل افزایش یافت، همچنین مقادیر T-value بدست آمده گویای معنی داری مدل بود. دلیل این امر عدم همبستگی بین مقادیر NDVI و EVI با درصد خاک لخت و سطوح ساخته شده است. مدل برازش داده شده در شهر شیراز توانایی برآورد دمای سطح را بوسیله متغیرهای مورد استفاده دارد از جمله علل این موضوع رابطه قوی تر کاهشی پوشش گیاهی بر دمای سطح در این نوع شهرها با توجه به نمودارهای برازش دمای سطح و شاخص های NDVI و EVI به دلیل طبیعت گرم تر این مناطق نسبت به شهرهای عرض های بالاتر می باشد. (Andrew Farina, 2012)

بحث و یافته ها

دامنه نوسانات فصلی و روزانه دمای سطح زمین به طور کامل واضح می باشد به طوریکه میانگین دمای منزقه مورد مطالعه در زمستان و طی روز ۱۴,۱۶ درجه سانتیگراد محاسبه شده است در حالیکه میانگین دمایی شبانه همان منطقه و در همان فصل، تنها ۱/۳۵ درجه سانتیگراد آمده است.

جدول (۱۰): پارامترهای کلی آماری نقشه‌های دمایی بدست آمده

پارامتر آماری	زمان تصویر	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف از معیار
زمستان(روز)	-۱	۳۷/۵۵	۱۴/۱۶	۱۲/۸۵	
زمستان(شب)	-۹	۱۲/۰۵	۱/۳۵	۲/۷۱	
تابستان(روز)	۲۷/۲۵	۶۲/۵۵	۴۱/۱۴	۷/۱۵	

با مقایسه تغییرات مساحتی هر یک از کلاسهای حرارتی در زمانهای مختلف به طور آشکار می‌توان مشاهده نمود که در تصویر روزانه زمستان مساحت طبقاتی دمایی پایین کم بود و در عین حال مساحت طبقات با دمای بالا پهنه‌های قابل توجهی از منطقه مورد مطالعه را اشغال می‌کنند. این حالت در تصویر شبانه زمستان تقریباً حالت برعکس به خود می‌گیرد و پهنه‌های با دمای پایین سیطره بیشتری می‌یابند. در تصویر تابستانی آنومالی دمایی بسیار کم است و تمام طبقات مقدار مساحت تقریباً نزدیک به هم را نشان می‌دهند. نتیجه مهمی که از جداول ۱۰ و ۱۱ می‌توان به آن دست یافت این است تصویر تابستانی در منطقه با آب و هوای گرم و خشک (که شهر شیراز به نوعی می‌توان آن در این منطقه آب و هوایی گنجانده) به دلیل آنومالی حرارتی سطوح این اقلیم به سختی می‌تواند نقاط داغ یا مراکز حرارتی را برای ما مشخص نماید و تقریباً در این فصل همه چیز گرم است و تفاوت‌های دمایی بین طبقات اندک می‌باشد (BOLIN, B, 1971)

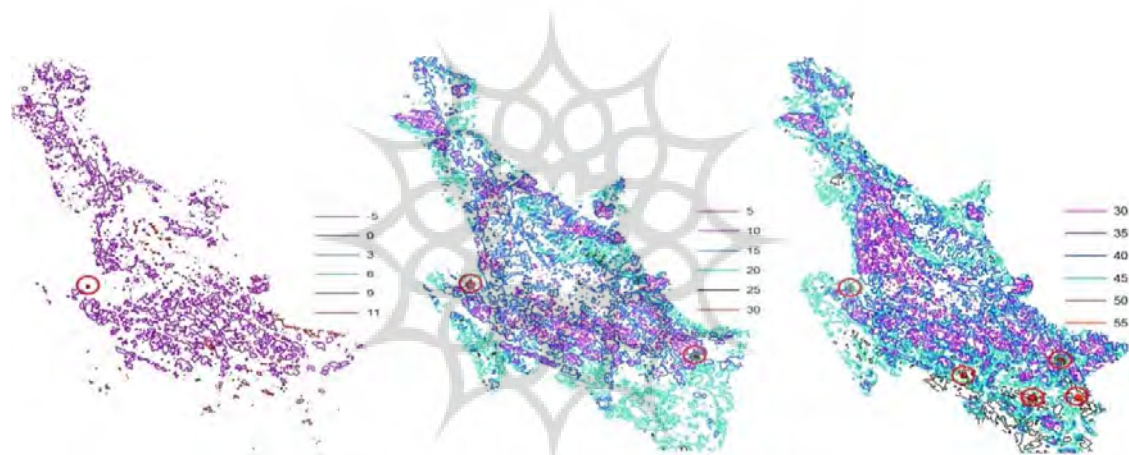
جدول (۱۱): تغییرات مساحت هر یک از کلاس‌های حرارتی در زمانهای مختلف (مقادیر مساحت به کیلو متر مربع)

شماره کلاس	زمان تصویر	زمستان(روز)	زمستان(شب)	تابستان(روز)
۱	۰,۷۰۴۷	۱۴,۶۲۰۵	۶۰,۳۲۰۷	
۲	۲۵,۶۶۰۷	۹۷,۴۵۹۲	۹۱,۷۷۳	
۳	۹۰,۰۵۵۸	۱۴۸,۴۸۱۱	۸۴,۸۳۹۴	
۴	۲۵۲,۷۶۸۶	۵۱,۰۴۶۲	۸۹,۱۱۶۲	
۵	۵,۷۹۹۶	۰,۳۸۰۷	۵۵,۸۷۳۸	

از ویژگی‌های مناطق با اقلیم گرم و خشک نوسان دمایی بالای شبانه روزی است، سطح زمین در این اقلیم در طول روز در غالباً در تماس مستقیم با اشعه خورشید قرار دارد و بدلیل اینکه لایه سطحی غالب خاک لخت می‌باشد و اینکه خاک به طور کلی و خاک لخت به طور خاص ظرفیت حرارتی بسیار پایینی دارد و به عبارتی به سرعت گرم و به سرعت سرد می‌شود، در نتیجه دور از انتظار نیست که در طول روز درجات دمایی بالا و در طول شب درجات دمایی پایین را تجربه بکند (شکل ۴-۲۰). شهر شیراز تقریباً واقع در مرکز ایران، درصد زیادی از خصوصیات مناطق گرم خشک به آن سرایت کرده‌اند از جمله همین اینرسی حرارتی پایین. با توجه به هر دو تصویر روزانه زمستان و تابستان دیده می‌شود که گرم‌ترین نقاط محدوده سیاسی این شهر در اطراف منطقه مسکونی شیراز گسترده شده‌اند، این مناطق که اغلب پوشیده از خاک لخت و یا پوشش گیاهی ناچیز می‌باشند ماهیت گرم و خشک اقلیم حاکم بر منطقه را هویدا می‌کنند. در مقابل در تصویر شبانه مناطق اطراف محدوده مسکونی شهر شیراز در طبقات پایین دمایی گنجانده شده است و مناطق سرد با دمای حدود صفر درجه سانتیگراد را تشکیل داده‌اند.

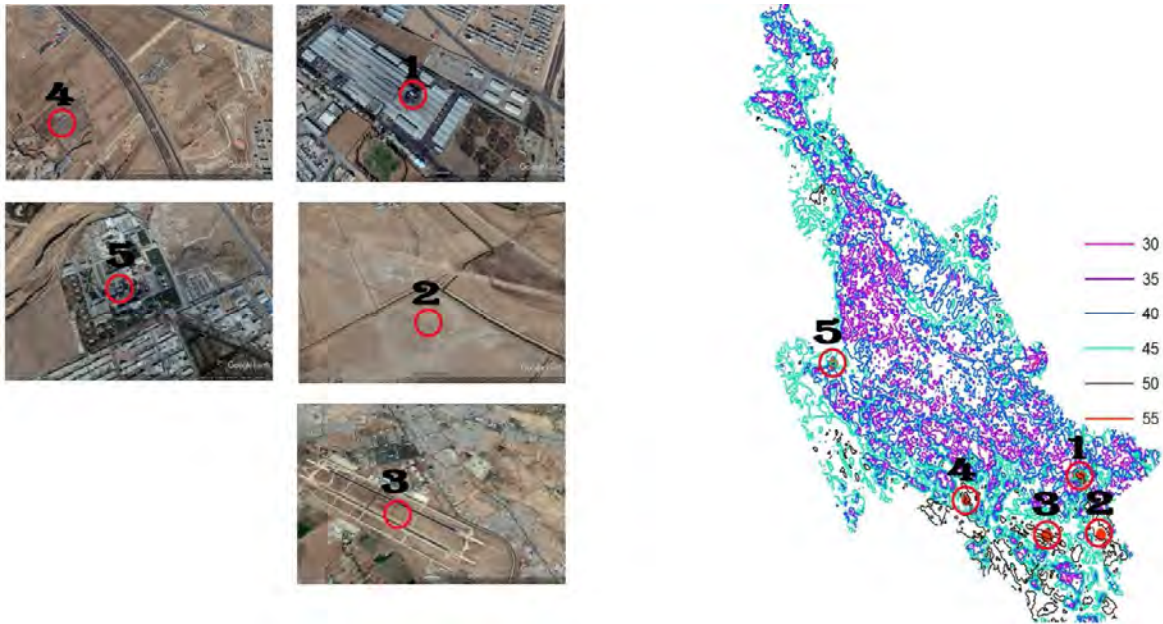
با مشاهده، کاوش و بررسی دقیق تصاویر فصول سرد و گرم و نیز تصویر شبانه فصل سرد منطقه مورد مطالعه وجود جزیره حرارتی با مفهوم علمی آن (شهرهای بزرگ به دلیل داشتن سطوح گسترده سخت غیر قابل نفوذ و فاقد پوش گیاهی، حرارت تابشی آفتاب

را به سرعت جذب و خود به صورت منابع ساطع کننده انرژی گرمایی عمل می کنند که چنین حالتی را اصطلاحاً «جزیره حرارتی» می نامند. اثبات نشده است و نقشه های حرارتی استخراجی، آنومالی با شدت زیاد یا پهنه های حرارتی استثنایی در سطوح وسیع را نشان نداده اند. تغییرات دمایی تقریباً در تمام سطح منطقه به آرامی و با نوسانات کم انجام می گیرد اما در مقابل تعدادی نقطه داغ (Hot Spot) در منطقه براحتی قابل تشخیص می باشند، گرچه در بسیاری از تحقیقات از این نقاط داغ به عنوان جزیره حرارتی یاد کرده اند اما این امر به هیچ وجه از منطق علمی پیروی نمی کند چرا که جزیره حرارتی ابعادی به مراتب بزرگتر از نقطه داغ را شامل می شود و در سطح قابل توجهی امتداد پیدا می کند. همانگونه که در شکل شماره ۴-۲۰ مشاهده می شود، در تصویر تابستان تعداد این نقاط داغ در تابستان ۵ و در زمستان طی روز ۲ و طی شب ۱ عدد تشخیص داده شده اند. همانگونه که در تصویر شماره ۴-۲۱ نشان داده شده است، نقطه شماره یک منطبق بر یک کارخانه می باشد و حتی ناحیه دایره ای کبود در تصویری حاکی دمای بالای این نقطه می باشد، نقطه شماره ۲ بر فرودگاه شیراز قرار دارد و نقطه شماره ۵ کارخانه سیمان فارس منطبق می باشد. همانگونه که در سه تصویر نیز دیده می شود نقطه ۵ (کارخانه سیمان فارس) به طور واضحی در هر سه تصویر مکان خود را حفظ کرده است که این امر گویای ماندگاری دمای بالای این نقطه در زمانهای مختلف سال و شرایط مختلف شبانه روز می باشد (مولایی و همکاران، ۱۳۹۳).



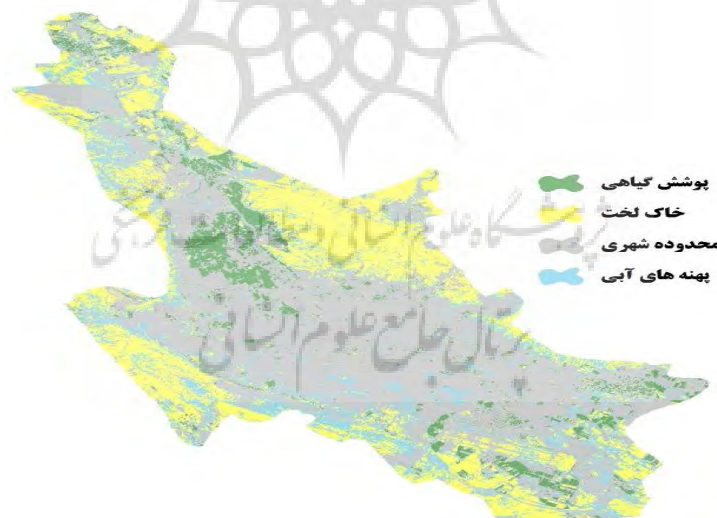
شکل (۲۰): نقشه خطوط همدمای منطقه مورد مطالعه، از سمت راست تصویر تابستان روز، زمستان روز و زمستان شب

نقاط داغ (Hot Spot) در تصویر به صورت لکه های قرمز رنگی دیده می شوند که برای وضوح بیشتر آنها دایره های قرمز رنگ نیز در اطراف آنها کشیده شده است.

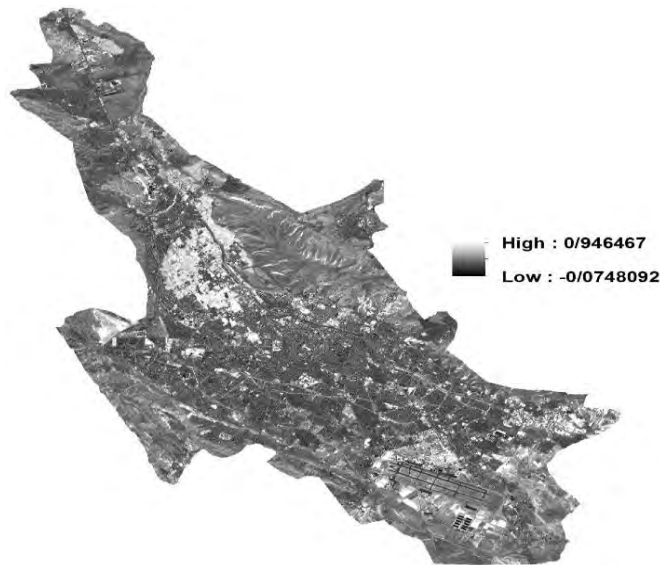


شکل (۲۱): نشان دادن نقاط داغ بر روی نقشه و تصویر ماهواره‌ای موقعیت آنها بر روی زمین

بدون کمترین تردید رابطه دمای سطح زمین با کاربری اراضی کاملاً واضح می‌باشد، طبقات دمایی بسیار بالا تا حدود زیادی منطبق بر کاربری خاک لخت، و در درجه بعدی منطبق بر کاربری شهری می‌باشند (شکل ۴-۲۲) در حالیکه پهنه‌های گیاهی و آبی به ترتیب کمترین مقدار حرارت را نشان می‌دهند. این امر همچنین اثر خنکی کنندگی پوشش گیاهی در محیط‌های آلوده و گرم شهری را نشان می‌دهد.

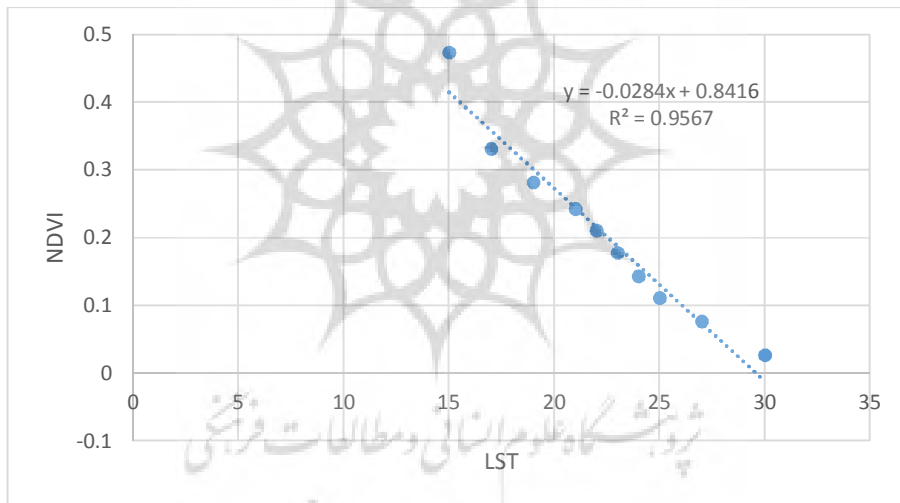


شکل (۲۲): نقشه کاربری اراضی

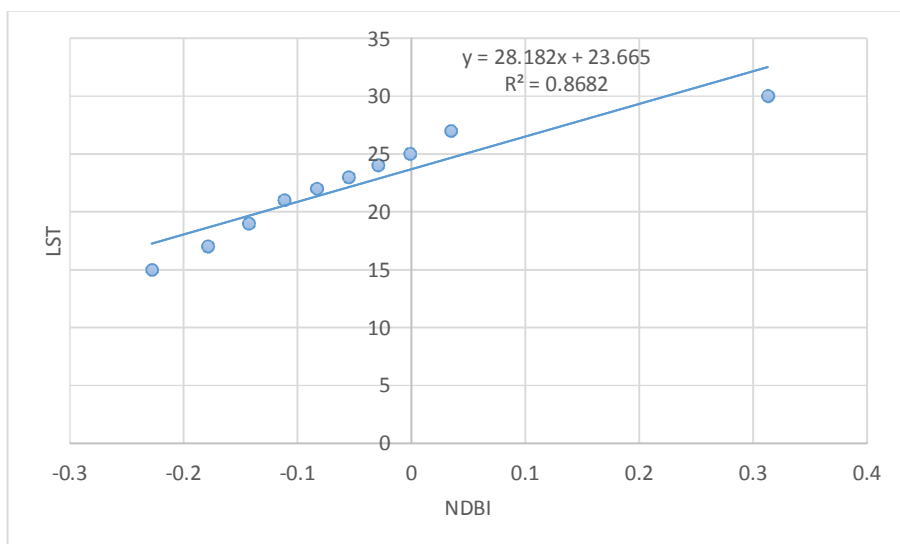


شکل (۲۳): نقشه NDVI

از دیگر نتایج بدست آمده از این پژوهش وجود رابطه مثبت LST با شاخص NDBI و رابطه منفی با شاخص NDVI می باشد.



شکل (۲۴): رابطه پوشش گیاهی و دمای سطح زمین



شکل (۲۵): رابطه NDBI و دمای سطح زمین

نتیجه گیری

حرارت سطح زمین شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و بررسی اثرات گلخانه‌ای بوده و از مهمترین پارامترها در بررسی فعل و انفعالات سطح زمین در مقیاس منطقه‌ای و جهانی می‌باشد. به عنوان مثال محاسبه دقیق حرارت سطح برف و یخ در مناطق منجمد شمالی به منظور بهبود تخمین بیلان گرمایی و ارتباط آن با تغییرات آب و هوا در مقیاس جهانی، اهمیت بسیار زیادی دارد همان طور که در فصل سه بیان شد جزایر حرارتی به وسیله لایه‌های مختلف اتمسفری شهر مشخص می‌شود و در حالت عادی به سه دسته تقسیم بندی می‌شوند:

جزایر حرارتی لایه پوششی، جزایر حرارتی لایه مرزی و جزایر حرارتی لایه سطح زمین.

سنجده‌های حرارتی قادر هستند جزایر حرارتی سطح زمین را به وسیله ثبت رادیانس حرارتی صادر شده از سطح مناطقی که در میان دید سنجنده هستند، بازیابی کنند. به طور کلی LST پارامتر کلیدی در فیزیک رفتارهای سطح زمین است، چرا که بیانگر توازن انرژی و عوامل موثر بر آن مانند تبخیر - تعرق، آلودگی و کویرزایی می‌باشد. (پرس و دکامرا ۲۰۰۴).

همیشه به هنگام محاسبه دمای سطح زمین نقطه یا نقاطی وجود دارند که دمای بسیار بالا و یا حتی پایین نسبت روند عادی سایر نقاط به خود می‌گیرند، در صورتیکه از دقت الگوریتم اعمال شده در محاسبه دما اطمینان کافی را نداریم این نقاط می‌توانند به مثابه نویز تلقی شوند و حذف آنها از تصویر جهت شکل دادن به یک روند دمایی منظم نه تنها امری شدنی بلکه در برخی مواقع ضروری می‌باشد. اما از جاییکه در این کار پژوهشی سعی شده است که الگوریتمی با منطق ریاضی قوی در پس زمینه آن جهت محاسبه انتخاب گردد و علاوه بر این صحت و دقت خروجی (همانگونه که در بخش ارزیابی دقت نقشه دمایی نیز گفته شد) اعتبار سنجی گردید. (فاطمی، ۱۳۸۴)

به منظور بررسی تغییرات هسته‌های مرکزی جزایر حرارتی در سال‌های متوالی با اعمال عملگر اشتراک گسترش و ایجاد جزایر درون جزایر طی سال‌های متوالی و مشخص کردن مناطق جدید مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از گسترش درونی جزایر حرارتی و افزایش شدت آنها در اطراف مناطق صنعتی در شهر مورد مطالعه بود. (کاظم زاده، ۱۳۹۴)

با توجه به سوالات تحقیق که بررسی رابطه پوشش‌های اراضی مختلف با جزایر حرارتی می‌باشد، اقدام به استخراج پوشش‌های اراضی شهرها شد. با برآزش درصد پوشش سطح و دمای سطح زمین در شیراز ارتباط پوشش‌های مختلف و دمای سطح در این مناطق بررسی شد. نمودارهای حاصل حاکی از تاثیر توامان پوشش‌های مختلف و لزوم بررسی تاثیر این پوشش‌ها بر دمای سطح در کنار یکدیگر است.

خاک لخت در تمامی شهرها نقشی افزایشی بر دمای سطح را ایفا می‌کند. در شهر شیراز تاثیر ضعیفتر پوشش‌های مختلف بر دمای سطح نسبت به دیگر شهرها مشهود می‌باشد. گستردگی این شهر و مناطق ناهمگون آن از نظر آلودگی، ترافیک، تنوع هر پوشش در این گستره و تراکم از جمله عللی هستند که این مساله را موجب می‌شوند. (مجنونیان، ۱۳۷۴)

سطوح ساخته شده در مناطق مختلف رفتار متفاوتی دارند. در مناطقی که افزایش سطوح ساخته شده همراه با جایگزینی این پوشش به جای پوشش گیاهی افزایش دما و در مناطق همراه با جایگزینی خاک لخت توسط سطوح ساخته شده کاهش جزئی و یا عدم تغییرات را موجب شده است (واحدیان و همکاران، ۱۳۹۳).

در مورد شاخص‌های NDVI و EVI می‌توان دید که رابطه منفی‌شان در مناطق گرم‌تر بیشتر از مناطق با آب و هوای معتدل‌تر می‌باشد.

مدل رگرسیونی برآورد دمای سطح با استفاده از درصد پوشش‌های مختلف به علت همبستگی بین درصد پوشش‌های مختلف از دقت بالایی برخوردار نبود. این همبستگی در بیشتر موارد بین پوشش گیاهی و سطوح ساخته شده بود. جایگذاری شاخص‌های NDVI و EVI به جای درصد پوشش گیاهی در مدل باعث افزایش دقت و معنی‌داری مدل‌ها شد.

منابع

ابراهیمی هروی، بهروز (۱۳۹۳): تحلیل روابط بین جزایر حرارتی شهری و تغییرات کاربری/ پوشش زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در کلانشهر کرج، دانشگاه شهید چمران اهواز، گروه سنجش از دور.

آخوند زاده، مهدی و سراجیان، محمد رضا (۱۳۸۶): کاربرد تصاویر ماهواره‌ای Terra-ASTER در نمایش جزایر حرارتی در مناطق شهری، شهر تهران، دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی. قطب علمی مهندسی نقشه برداری و مقابله با سوانح طبیعی. دانشکده فنی دانشگاه تهران.

اشرفی، علی (۱۳۸۴): طبقه‌بندی پوشش گیاهی در مناطق نیمه خشک استان فارس (حوزه کوهمره سرخی) با رویکرد RS&GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

افشار، مژگان (۱۳۷۹): بررسی و شناخت جزیره حرارتی شهر تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران.

اکبری، هادی (۱۳۷۹): بررسی الگوی توزیع درجه حرارت شهر تهران با استفاده از اطلاعات حرارتی لندست TM، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

امیری، رضا، علیمحمدی، عباس، علوی‌پناه، سید کاظم، مطالعه تغییرپذیری فضایی-زمانی حرارت در ارتباط با کاربری/پوشش زمین در منطقه شهری تبریز با استفاده از داده‌های حرارتی و انعکاسی TM و ETM+ لندست، مجله محیط‌شناسی، سال سی و سوم، ۴۳، صفحه ۱۲۰-۱۰۷، ۱۳۸۶.

رنگزن، کاظم، فیروزی، محمدعلی، تقی زاده، ایوب، مهدی زاده، رامین (۱۳۹۰): بررسی و تحلیل نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزایر حرارتی اهواز، اولین سمینار ملی کاربرد GIS در برنامه‌ریزی اقتصادی، اجتماعی و شهری

دره بادامی، سیروس، خزایی، علی، علوی پناه، کاظم (۱۳۹۴): بررسی تاثیر بام‌های انعکاسی در کاهش اثر جزیره حرارتی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای شهر کرمانشاه، مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای، سال هفتم، شماره ۲۵، ص ۱-۱۸.

- ساسان پور، فرزانه، ضیائیان، پرویز، بهادری، مریم (۱۳۹۲): بررسی رابطه کاربری و پوشش اراضی با جزایر حرارتی شهر تهران، فصل نامه بین المللی انجمن جغرافیای ایران، سال یازدهم، شماره ۳۹
- سلگی، فرشاد (۱۳۹۵): بررسی تغییرات مکانی-زمانی جزیره حرارتی شهر کرمانشاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه لرستان
- صادقی نیا، علیرضا، علیجانی، بهلول، ضیائیان، پرویز (۱۳۹۱): تحلیل فضایی زمانی جزیره حرارتی کلانشهر تهران با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۴ ص ۱-۱۷
- فاطمی، سید باقر، رضایی، یوسف، مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، ۱۳۸۴.
- فاطمی، باقر، رضایی، یوسف (۱۳۸۹): مبانی سنجش از دور. انتشارات آزاده. چاپ دوم
- کاظم زاده، علی، دره بادامی، سیروس، علوی پناه، کاظم (۱۳۹۴): تحلیل زمانی مکانی جزیره حرارتی شهر مشهد با توجه به گسترش شهر و تغییرات کاربری زمین. پژوهش های جغرافیای برنامه ریزی شهری. (۱). ص ۱-۱۷
- مجنونیان، ه (۱۳۷۴): مباحثی پیرامون پارک ها، فضای سبز و تفرجگاه ها. سازمان پارک ها و فضای سبز تهران. ۲۵۲ ص.
- مخدوم، مجید (۱۳۶۸): بررسی آلودگی صدا در شهر تهران، مجله محیط شناسی، شماره ۱۵، صفحه ۶۸-۵۷.
- مهرگان، حسین، رهامی، محمدباقر، خاک نژاد، عبدالصادق (۱۳۹۲): بررسی مدیریت زیست محیطی جزایر حرارتی شهری. هشتمین کنفرانس معماری و شهرسازی و توسعه پایدار
- موسوی بایگی، محمد، اشرف، بتول، حسینی، علیرضا، میان آبادی، آمنه (۱۳۹۱): بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره ای و نظریه فرکتال، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره اول. ص ۳۵-۴۹
- Abkar a . a (1999): Likelihood-Based Segmentation and Classification of Remotely sensed image", PhD thesis , University of twente ITC , Ensched, The Netherlands , ISBN 90-6164-169-1 , ITC Publication 73 .
- Alavi panah, s. K , Ahmadi , F. Barzegar and Nasser Mashhadi (2001) : study of wind erodin forms and their surface temperature based on remotely sensed data. Proceedings on "Paromation of sutiable new technology , Tehran , 12-14, nov , iran.
- Andrew Farina (2012) : Exploring the relationship between land surface temperature and vegetation abundance for urban heat island mitigation in Seville, Spain , LUMA-GIS Thesis nr 15
- Arnfield , A . J. (2003) : Two Decades of Urban Climate Research: A Review of Turbulence, Exchanges of Energy and Water , and the Urban Heat Island, International Journal of Climatology, 23: 1-26.
- Barry R , R J.Chorley (1987) : Atmosphere, Weather and Climate:Methuen and co.Ltd, 41
- Barry R , R. J. Chorley (1987) : Atmosphere, Weather and climate, London: Methuen and co. Ltd.
- BOLIN , B (1971) : Air Pollution across National Boundaries. The Impact of Sulphur in Air and Precipitation . Sweden's case study for the United Nations Conference on the Human Environment. 3: 27, Stockholm .
- Brovkin, V. Bendtsen, J. Claussen, M. Ganopolski, A. Kubatzki, C. Petoukhov, V. & Andreev, A. (2002) : Carbon cycle , vegetation , and climate dynamics in the Holocene : Experiments with the CLIMBER-2 model . Global Biogeochemical Cycles , 16(4), 86-1.
- Fei wu . P, Xia Zhang . X , (2007) : Study on the distribution changes of Urban Heat Island Based on Heat-Greenness feature Space. Beijing Forest University. Beijing 100083, P.R.China
- Heusinkveld, B.G, G.J. Steeneveld, L.W.A. van Holve, C.M.J. Jacobz, A. A. M. Holtslag (2014) : Spatial variability of the Rotterdam urban heat island as influenced by urban land use. Journal of Geophysical Research : Atmospheres. 119,677-692 , doi:10.1002/2012JD019399.
- Lille Sand T. M. Kiefer R. W . (2000) . Remote Sensing and image inter pretation. john wiley and sons ; 4th ed . NewYork
- Manik .T. K , Syaukat.S(2015) : The impact of urban heat islands. Assessing vulnerability in Indonesia , Asian Cities Climate Resilience , Working paper series 13:2015
- Oke T.R. (1982) : The energetic basis of urban heat island. Journal of the Royal Meteorological society. No.108, pp. 1-24

Shahmohamadi.P,Che-Ani.A.L,Ramly.A,Maulud.K.N.A, Mohd-Nor.M.F.L (2010) : Reducing urban heat island effects : A systematic review to achieve energy consumption balance. international Journal of Physical Sciences vol. 5(6),pp. 626_636

Sobrino , J . A , Jimenez-munoz, J.C.EL_Khrraz,J. Gomez,M, Romaguera,M. Soria,G.(2004) : Single_channel and Two_channel methods for land surface temperature retrieval from Dais data and its application to the Barrax site. Int. J.Remote Sensing 25(1):215_230

Sobrino , J . A, Li,Z.L. Stoll,M.P.Becker,F(1996) : Multy channel and Multy angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with Aster data. Int.J.Remote sent,17:208_214

Xungqiang,M, Chen,C, Fuqun,Z, Hongyuan,L(2011) : Study on temporal and spatial Variation of the urban heat island based on Landsat TM/ETM+ in central city and Bihhai New area of Tianjin international conference on (PP.4616_4622), IEEE

