

*

۱- مربی پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد

۲- استادیار پژوهشی مرکز ملی تحقیقات شوری

۳- کارشناس مرکز ملی تحقیقات شوری

تاریخ دریافت: ۸۴/۴/۱۸ تاریخ پذیرش: ۸۶/۷/۲۱

در تحقیق حاضر با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای لندست در ابتدا و انتهای یک بازه زمانی ۱۲ ساله، اقدام به مطالعه نحوه تغییر کاربری اراضی در دو منطقه شهری و غیرشهری اردکان در استان یزد و آثار منفی آن روی تغییر پوشش گیاهی و همچنین افزایش نسبی دما در طی ۱۲ سال شده است. بدین منظور پس از انجام تصحیحات مورد نیاز بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به شهریور سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱، مناطق شهری و غیرشهری روی تصاویر مشخص و از یکدیگر مجزا شد. ابتدا نقشه‌های پوشش گیاهی دو سال با استفاده از شاخص NDVI تهیه و بر روی آنها اقدام به تعریف درجات مختلف سربیزی (خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف، خیلی ضعیف، بدون پوشش) شد و درصد مساحت اختصاص یافته به هر یک از این کلاس‌ها برای مناطق شهری و غیرشهری در سالهای موردنظر تعیین و مقایسه انجام شد. سپس برای بررسی تغییرات نسبی درجه حرارت، از اطلاعات باند حرارتی ماهواره لندست (باند ۶) استفاده و پس از انجام تصحیحات و محاسبات لازم به کلاس‌های مختلف حرارتی (خیلی خنک، خنک، گرم، خیلی گرم) تقسیم‌بندی شد و درصد مساحت اختصاص یافته به هر کلاس برای هر دو سال تعیین و مقایسه‌ای بین این دو صورت پذیرفت. نتایج مقایسه نشان داد که در مناطق غیرشهری تغییر چندانی در کیفیت و کمیت پوشش گیاهی و همچنین در دمای ساطع شده از پوشش‌های زمینی به محیط پیرامون خود به وجود نیامده است. ولی در مناطق شهری با تغییر کاربری اراضی طی ۱۲ سال، کمیت پوشش گیاهی به میزان ۳۶/۲ درصد کاهش یافته و کیفیت آن نیز دارای تغییرات منفی بوده است. درجه حرارت این مناطق نیز تحت تأثیر تخریب پوشش گیاهی قرار گرفته و از درصد مساحت در کلاس‌های حرارتی "خیلی خنک" و "خنک" کاسته و به درصد مساحت کلاس‌های "گرم" و "خیلی گرم" افزوده شده است. نتیجه نهایی این تحقیق نشان‌دهنده ضرورت توجه به آثار نامطلوب تغییر کاربری‌ها در مدیریت مناطق شهری می‌باشد که می‌باید مدنظر برنامه‌ریزان مربوط قرار گیرد.

ماهواره لندست - کاربری اراضی - پوشش گیاهی - درجه حرارت - سنجش از دور

افزایش جمعیت موجب شده تا علاوه بر توسعه مرزهای فیزیکی شهرها،

بافت درون شهری نیز دگرگون شود.

کاهش مساحت زمین‌های زراعی حومه‌ای، تخریب پوشش گیاهی و

افزایش دمای سطحی زمین در مناطق شهری، پیامدهای منفی توسعه

درون شهری، ساختمان‌سازی، خیابان‌کشی و سایر فعالیت‌های مخرب در

درون شهرها هستند که سلامت محیط زیست انسان را با خطر جدی

مواجه می‌سازند.

در پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه تغییرات محیط‌زیست

شهری یکی از کلیدی‌ترین دستورالعمل‌های تحقیقاتی، شناسایی روند

تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی ذکر شده است (Lambin,

همزمان با ساخت‌وسازهای درون شهری و ایجاد مراکز صنعتی

و تجاری، بخش زیادی از پوشش‌های سبز مناطق شهری و اراضی

زراعی داخل و حومه شهرها دستخوش تغییرات کاربری شده‌اند. در

سالهای اخیر تغییرات کاربری به سبب افزایش ارزش اقتصادی

زمین‌های شهری و همچنین رشد روزافزون جمعیت شتاب بیشتری

به خود گرفته است.

برآوردهای جدید نشان می‌دهد که بیش از ۴۵ درصد جمعیت

جهان در شهرها زندگی می‌کنند و تا سال ۲۰۳۰ این نرخ جمعیت به

بیش از ۶۰ درصد می‌رسد (Small and Miller, 1999). این

2000، Geist and Lambin, 2001)). بنابراین مطالعه تغییرات زمانی پوشش گیاهی و درجه حرارت در مناطق شهری به عنوان شاخص نشان دهنده شرایط زیست محیطی حاکم بر آنها از اهمیت خاصی برخوردار است. پوشش گیاهی در مناطق شهری از این جهت حائز اهمیت است که می تواند شرایط محیطی و تبادل انرژی را به وسیله انعکاس انتخابی و جذب تشعشعات خورشیدی کنترل کند (Gallo, et, Roth, et al., 1989, Goward, et al., 1985, al., 1993) و به عنوان عاملی مؤثر در کنترل آلودگی هوا و تأثیرگذار بر سلامت انسان معرفی شود (Wagrowski and Hites, 1997). همچنین فراوانی پوشش گیاهی، بویژه در مناطق شهری به عنوان یکی از عوامل تأثیرگذار روی مبادله انرژی و شکل گیری جزایر حرارتی شناخته شده است (Harrington, 1977; Oke, 1982; Huang, et al., 1987).
گرم شدن محیط شهری که به عنوان اثر "جزایر حرارتی" نامیده می شود، روندی افزایشی در سراسر جهان به خود گرفته و شرایط زیست محیطی دشواری برای ساکنان شهرها به وجود آورده است. بنابراین شناخت این فرایندها و اتخاذ تصمیم مناسب برای مدیریت های شهری دارای اهمیت زیادی است (Nakamura, et al., 2002).
در این زمینه ایجاد بناهای مصنوعی از قبیل ساختمان، جاده، پل، راه آهن و غیره بارزترین نقش را در برهم زدن طبیعت منطقه در شهرها ایفا می کنند که به تغییر کاربری اراضی تعبیر می شوند. امروزه برای بررسی تغییرات کاربری اراضی و مطالعه پیامدهای آن در سطوح وسیع، استفاده از تکنیک سنجش از دور مورد توجه قرار گرفته است. Quarmby (1989) تفسیر عکسهای هوایی و نقشه های ترکیب رنگی کاذب، استفاده از تصاویر ماهواره ای مربوط به زمان های مختلف و تجزیه و تحلیل رقومی این تصاویر را به عنوان مکملی مناسب برای پیمایش های صحرایی برای نشان دادن تغییرات کاربری اراضی توصیف کرده است.
Uchida (1997) تغییرات زمانی کاربری اراضی کشاورزی در مناطق نیمه خشک هند را با استفاده از اطلاعات ماهواره IRS تجزیه و تحلیل کرده است.
وی با استفاده از مقادیر شاخص NDVI محدوده اراضی تحت کشت را از زمین های تغییر کاربری یافته تفکیک و با بررسی سطح زیر کشت اراضی در یک دوره ۸ ساله (۱۹۸۹ تا ۱۹۹۶) زمین های مستعد برای اهداف کشاورزی را شناسایی کرده است.

علاوه بر پوشش گیاهی، دمای اجسام موجود در سطح زمین^۱ (LST) نیز به دلیل اهمیتی که در مطالعات محیطی دارد، یکی از سرفصل های مهم علمی و تحقیقاتی به شمار می رود. مولکول های تشکیل دهنده اجسام دارای انرژی جنبشی درونی بوده که درجه حرارت درونی آنها، درجه حرارت جنبشی^۲ نام دارد. شکل دیگری از انرژی که از این جسم به بیرون منتشر می شود، به انرژی ساطع شده^۳ معروف است که تابعی از درجه حرارت درونی آن جسم است. ماهواره های دارای سنجنده های حرارتی قادر به ثبت این جزء از انرژی هستند. از این انرژی برای تعیین درجه حرارت ساطع شده^۴ از پوشش های زمینی و نیز دمای درونی این اجسام، یا همان LST استفاده می شود (Lillesand, et al., 2004).

مطالعات زیادی برای ارائه روش های به دست آوردن LST و کالیبراسیون آن از باندهای ۴ و ۵ داده های AVHRR ماهواره نوآ (Becker and Li, 1990) یا باندهای ۳۱ و ۳۲ ماهواره EOS/MODIS (Vidal, 1991) انجام شده است. این روش ها هم از لحاظ تصویر مورد استفاده و همچنین از نظر محاسبه ضرایب با هم تفاوت دارند (علوی پناه، ۱۳۸۲). در بین اطلاعات سنجش از دور، داده های سنجنده ANHRR ماهواره نوآ و داده های باند ترمال ماهواره لندست بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند (علوی پناه، ۱۳۸۲; Rothery, et al., 1988).

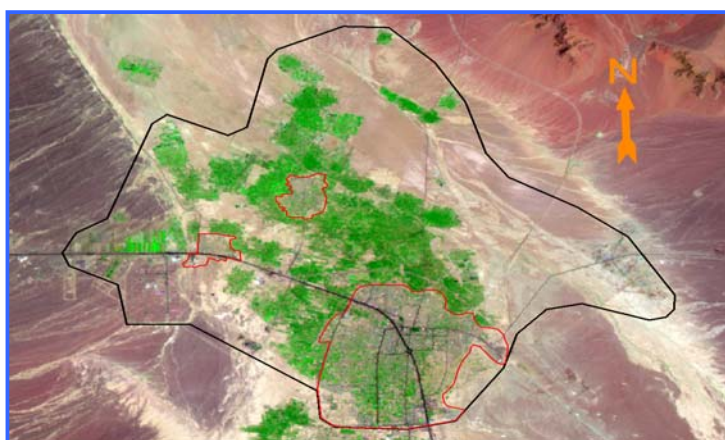
روش متداول در این زمینه شامل کالیبره کردن طیفی داده های باند ترمال است. این کار با تبدیل داده های رقومی^۵ باند ترمال به تشعشع طیفی، بر اساس مقادیر gain^۶ و bias^۷ انجام می شود. تحقق هدف سابق الذكر به اطلاعات کمکی، نظیر وضعیت پوشش زمین در محل های مورد نظر و میزان تشعشع ساطع شده^۸ از آنها، زاویه میل خورشیدی (برای محاسبه میزان تابش ورودی خورشید به هر نقطه)، با توجه به عرض جغرافیایی نقاط و زمان دقیق اخذ تصویر و نیز انجام تصحیحات اتمسفری نیازمند است (Yang and Wang, 2002; Norman, et al., 1995; Wukelic, et al., 1989; Norman, et al., 1990; Markham and Barker, 1986).

با توجه به این هدف Suga و همکاران، (2003) درجه حرارت سطحی منطقه هیروشیما را با استفاده از اطلاعات سنجنده ETM⁺ ماهواره لندست تعیین کرده اند. آنها با استفاده باندهای حرارتی مادون قرمز ماهواره لندست و همچنین اندازه گیری های صحرائی همزمان با تصویربرداری ماهواره ای توانستند تشعشع طیفی باند ترمال را به درجه حرارت سطحی تبدیل کنند. همچنین Yang and Wang (2002)، دو

کاربری اراضی در مناطق مختلف با دقت بیشتری همراه بوده و پیامدهای تغییر کاربری و ساخت‌وسازهای درون شهری از دیدگاه آثار منفی آن بر افزایش دمای محیط زیست شهری بارزتر خواهد شد. این تحقیق با هدف به‌کارگیری سنجش از دور در بررسی پیامدهای تخریب و تغییر کاربری اراضی در مناطق شهری و غیرشهری انجام شده است و به تعیین و مقایسه آثار منفی آن روی کاهش پوشش گیاهی و افزایش درجه حرارت در دو منطقه شهری و غیرشهری منجر می‌شود.

محل مورد مطالعه، شهرستان اردکان در استان یزد است که در طول جغرافیایی $55^{\circ}E$ تا $53^{\circ}E$ و $05^{\circ}E$ و عرض جغرافیایی $17^{\circ}N$ تا $32^{\circ}N$ واقع شده است. مساحت این محدوده ۱۱ هزار هکتار است که به دو منطقه شهری و غیرشهری تقسیم‌بندی شده است. مناطق شهری شامل احمدآباد، ترک آباد و اردکان است که در مجموع ۱۸۳۳ هکتار مساحت دارد و مساحت باقیمانده به مناطق غیرشهری تعلق دارد که ۹۴۰۲ هکتار است.

متوسط بارندگی سالانه منطقه $63/7$ میلی‌متر و متوسط سالانه درجه حرارت ۱۹ درجه سانتیگراد گزارش شده است. شکل شماره (۱) نقشه ترکیب رنگی (RGB742) منطقه مورد مطالعه مربوط به سال ۱۳۸۱ را نشان می‌دهد که مناطق شهری مورد نظر در آن مشخص شده‌اند.



()



:()

منظور برای بررسی آثار زیست‌محیطی تغییرات کاربری اراضی از قبیل تغییر مساحت پوشش گیاهی و تغییرات درجه حرارت از تکنیک سنجش از دور بهره‌گیری شده است. در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای لندست

مدل رگرسیونی را برای کالیبراسیون داده‌های باند ترمال ماهواره لندست ایجاد کردند و مقایسه‌ای بین این دو انجام داده‌اند. در مدل اول، ارتباط بین داده‌های باند ترمال با دمای سطحی زمین که توسط ایستگاههای هواشناسی موجود در منطقه ثبت شده بودند (۱۵ ایستگاه) بررسی شد که به ضریب همبستگی پایین منجر شد ($R^2=0/33$). در مدل دوم دو متغیر دیگر نیز (مقدار تشعشع ساطع شده و زاویه میل خورشیدی) در انجام کالیبراسیون و تعیین ارتباط رگرسیونی بین درجه حرارت با مقادیر عددی باند ترمال دخالت داده شدند که منجر به افزایش ضریب همبستگی شد ($R^2=0/85$). نتایج این تحقیق بیان‌کننده اهمیت استفاده از اطلاعات کمکی و مشاهدات زمینی در انجام کالیبراسیون داده‌های باند ترمال ماهواره لندست است. در ایران هم مطالعاتی در زمینه تعیین درجه حرارت توسط داده‌های لندست و نوآ انجام شده است.

علوی‌پناه و همکارانش (۲۰۰۱) در مورد درجه حرارت سطحی یاردانگ‌های بیابان لوت مطالعاتی به عمل آورده‌اند که در آنها از اطلاعات این دو ماهواره استفاده شده است. آنها عدم تداخل عواملی همچون پوشش گیاهی و ماده آلی در بازتاب‌های طیفی را موجب سهولت و دقت بیشتر در تخمین درجه حرارت سطحی بیابان‌های فاقد حیات نباتی و جانوری بر اساس داده‌های حرارتی ماهواره‌ای ذکر کرده‌اند. با تلفیق دو مقوله تغییرات زمانی کمیت و کیفیت پوشش گیاهی و نیز تغییرات کیفی درجه حرارت سطحی، بررسی‌های تغییر

یکی از روش‌های ثبت تغییرات مشخصه‌های تشکیل‌دهنده سطح زمین برای به‌دست‌آوردن اطلاعات، بدون انجام عملیات صحرائی و صرف وقت و هزینه زیاد، سنجش از دور است. به همین

سنجندۀ TM مربوط به ۲۰ شهریور سال ۱۳۶۹ و سنجندۀ ETM⁺ مربوط به ۱۹ تیرماه سال ۱۳۸۱ استفاده شده است.

سنجندۀهای این ماهواره دارای قدرت تفکیک طیفی و مکانی مناسب است که در بیشتر تحقیقات مشابه مورد استفاده قرار گرفته است. باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ این تصاویر دارای قدرت تفکیک زمینی ۳۰ متر و باند آن دارای قدرت‌های تفکیک زمینی ۱۲۰ متر (سال ۱۳۶۹) و ۶۰ متر (سال ۱۳۸۱) هستند. اگرچه سنجندۀهای این ماهواره برای مطالعه ساختار محیط شهری دارای محدودیت است، برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی و درجه حرارت سطحی در این مناطق مناسب است (Small and Miller, 1999).

به دلیل اینکه در تصویر سال ۱۳۶۹ هیچ گونه رابطه‌ای بین ردیف و ستون تصویر با دنیای واقعی و سیستم‌های هماهنگ تصویر (جغرافیایی، UTM، ...) وجود ندارد، باید عملیات تطابق هندسی، یا زمین مرجع کردن تصویر با عوارض زمینی، یا سایر نقشه‌های دارای سیستم هماهنگ تصویر صورت گیرد.

در این تحقیق، ایجاد سیستم هماهنگ تصویر سال ۱۳۶۹ با تصویر سال ۱۳۸۱ همین منطقه که دارای سیستم هماهنگ جغرافیایی بود در محیط نرم افزاری ILWIS و با استفاده از روش Affine صورت پذیرفت. دلیل استفاده از این روش، عدم کشیدگی زیاد منطقه مطالعاتی در امتدادهای جغرافیایی و نیاز به تعداد نقطه اندک برای ایجاد سیستم هماهنگ برای کل تصویر است. با انجام این کار، مقدار ریشه متوسط مربع خطا (RMSE) در ایجاد سیستم هماهنگ تصویر سال ۱۳۶۹، برابر ۰/۲۵۳ محاسبه شد و تمامی خصوصیات تصویر در این سال منطبق بر تصویر سال ۱۳۸۱ شد. به دلیل استفاده همزمان از اطلاعات باند ترمال در دو سال با قدرت‌های تفکیک زمینی متفاوت از یکدیگر (۱۲۰ متر در سال ۱۳۶۹ و ۶۰ متر در سال ۱۳۸۱)، عملیات یکسان‌سازی اندازه پیکسلها^۹ به روش همسایگی^{۱۰} روی باندهای مورد نظر صورت گرفت و اندازه آنها با سایر باندهای مورد استفاده مساوی شد.

برای بررسی تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی منطقه طی ۱۲ سال، از شاخص NDVI استفاده شد. فرمول محاسبه به صورت:

$$(NIR - RED) / (NIR + RED)$$

است. در این تحقیق از اطلاعات ماهواره لندست استفاده شده است. بنابراین اجزای فرمول به صورت زیر تغییر می‌کنند:

$$NDVI = (BAND4 - BAND3) / (BAND4 + BAND3)$$

اعمال فرمول NDVI اولیه منجر به نمایش مقادیری اعشاری در دامنه کوچکی از اعداد (-۱ تا +۱) خواهد شد. با توجه به ضعیف بودن پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی، مقادیر حاصل از اعمال این شاخص بسیار جزئی و در نتیجه تغییرات آن غیرقابل تفکیک خواهد شد (Shrestha, 1994 ; Maathuis, 1995). بنابراین برای منطقه مطالعاتی مورد نظر از تصحیح ۱۲۷+۱۲۸* در انتهای فرمول استفاده شده است (عبداللهی، ۱۹۹۷). با انجام این کار، تباین بین مقادیر شدت روشنایی افزایش می‌یابد، دامنه تغییرات این شاخص وسیع تر شده (۰ تا ۲۵۵) و در نهایت تفکیک پذیری بهتری از تغییرات پوشش گیاهی در منطقه (حتی تغییرات جزئی پوشش گیاهی) صورت می‌گیرد. با اعمال تصحیح فوق نه فقط ارزش اعشاری اعداد اولیه از بین نمی‌رود بلکه به اعداد بزرگتری تبدیل می‌شوند که اختلافات بین آنها بارزتر و قابل تفکیک تر می‌شود. در نقشه جدید NDVI، پیش‌بینی می‌شود که مناطق فاقد پوشش گیاهی عدد صفر و مناطق دارای پوشش‌های انبوه (در صورت وجود) عدد ۲۵۵ را نمایش دهند.

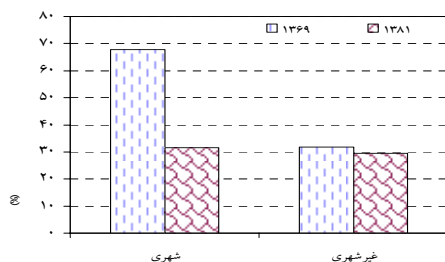
پس از اعمال این فرمول بر روی داده‌های ماهواره‌ای، به کمک اطلاعات صحرایی و نیز تجربه حد آستانه، NDVI برای نمایش حداقل پوشش گیاهی برای هر دو سال تعیین شد. منظور از اعمال حد آستانه، صفر کردن مقدار NDVI در آن دسته از پیکسل‌هایی است که واقعاً بدون پوشش بوده اما در نقشه NDVI دارای مقدار عددی (هر چند اندک و نزدیک به صفر) هستند.

با انجام این کار نقشه‌های معرف وضعیت پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه برای سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ تهیه شد. به دلیل آثار متفاوت تغییر کاربری اراضی در مناطق شهری و غیرشهری، تغییرات زمانی کمی و کیفی پوشش گیاهی به صورت جداگانه در هر یک از این مناطق بررسی شد.

برای بررسی تغییرات زمانی کیفیت پوشش گیاهی اقدام به تعریف کلاس‌های مختلف سرسبزی (خیلی خوب، خوب، متوسط، ضعیف، خیلی ضعیف، بدون پوشش) بر اساس مقادیر NDVI شد. این کار با تقسیم مقادیر عددی شاخص NDVI به شش کلاس مساوی انجام شد. سپس درصد مساحت اختصاص یافته از کل منطقه مطالعاتی به پیکسل‌های دارای مقدار NDVI در هر کلاس (معرف درصد مساحت مناطق دارای پوشش گیاهی) برای مناطق شهری و غیرشهری در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ محاسبه شد. چون هدف از انجام این تحقیق مقایسه کلاس‌های نظیر به نظیر در دو سال متفاوت است، بنابراین انتخاب حد بالا و پایین

تحقیق (مقایسه زمانی و مکانی تغییرات درجه حرارت سطحی زمین)، این مراحل صورت گرفت و نقشه‌های به‌دست آمده از درجه حرارت ساطع شده از اجسام زمینی به عنوان نقشه‌های حرارتی منطقه منظور شد. برای بررسی کیفی تغییرات طی ۱۲ سال، اقدام به تعریف کلاس‌های مختلف درجه حرارت (خیلی‌خنک، خنک، گرم و خیلی گرم) بر اساس مقادیر عددی به‌دست آمده در دو سال شد. این کار با تقسیم مقادیر عددی آن به پنج کلاس مساوی انجام شد. سپس درصد اختصاص یافته از کل مقادیر عددی آن به هر کلاس حرارتی برای مناطق شهری و غیر شهری در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ محاسبه و مقایسه بین این دو انجام شد.

پس از اعمال شاخص NDVI روی اطلاعات ماهواره‌ای و تعیین حد آستانه برای نمایش حداقل‌های پوشش گیاهی مربوط به دو سال مورد نظر، نقشه معرف میزان پوشش گیاهی منطقه در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ ایجاد شد (شکل شماره ۲) و سپس درصدی از مساحت کل مناطق مورد مطالعه (شهری و غیرشهری) که دارای مقادیر عددی NDVI بزرگتر از صفر بود (و یا پوشش گیاهی در آن نقاط وجود داشت) تعیین شد. نمودار شماره (۱) درصد مساحت دارای پوشش گیاهی در مناطق شهری و غیرشهری برای دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، در مناطق شهری ۳۶/۲ درصد و در مناطق غیرشهری ۲/۲ درصد از میزان مساحت‌های دارای پوشش گیاهی کاسته شده است. با توجه به اطلاعات محلی کسب شده، مشخص شده است که پوشش‌های گیاهی از دست رفته، بیشتر باغ‌های انار و پسته‌زارهایی هستند که در گذشته‌های نزدیک فضای مطبوعی برای این شهر کویری ایجاد کرده بودند، ولی متأسفانه در مدت کوتاهی از بین رفته‌اند.



(:)

برای هر کلاس، مورد بحث جدی در این تحقیق واقع نشده است. به منظور محاسبه و بیان میزان تغییرات کاربری اراضی در مناطق شهری از درصد مساحت کلاس "بدون پوشش" استفاده شد. به‌طوری که افزایش درصد مساحت این کلاس طی ۱۲ سال، درصد تبدیل اراضی دارای پوشش گیاهی به مناطق دیگر، نظیر ساختمان‌های مسکونی و صنعتی را نشان می‌دهد.

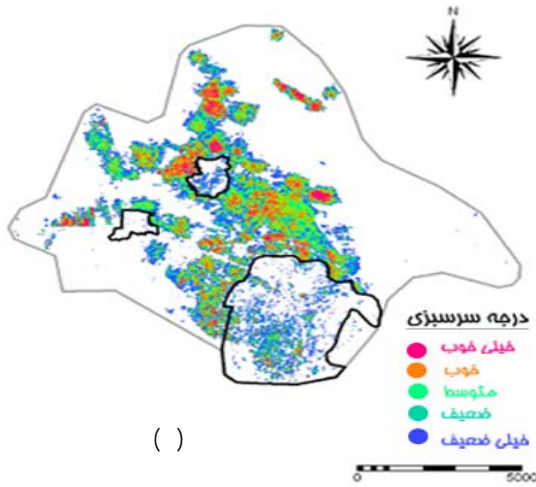
افزایش درجه حرارت ساطع شده از اجسام با جنس‌های مختلف که منجر به افزایش دمای هوا در یک منطقه می‌شود، به‌عنوان یکی از آثار زیست‌محیطی توسعه شهرنشینی و تغییر کاربری اراضی از اهمیت خاصی برخوردار است. افزایش دما در یک منطقه آثار زیان‌بار بعدی را نیز بدنبال خواهد داشت. برای محاسبه تغییرات کیفی و کمی دمای ساطع شده از پوشش‌های زمینی طی ۱۲ سال از اطلاعات باند حرارتی ماهواره لندست (باند ۶ low gain) استفاده شده است. برای تبدیل مقادیر DN باند ترمال به مقدار تشعشع دریافتی توسط سنسور ماهواره ای (یا L_{λ}) از فرمول زیر استفاده شده است:

$$L_{\lambda} = \text{Gain} * \text{DN} + \text{Bias} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{255} * \text{DN} + \text{Bias}$$

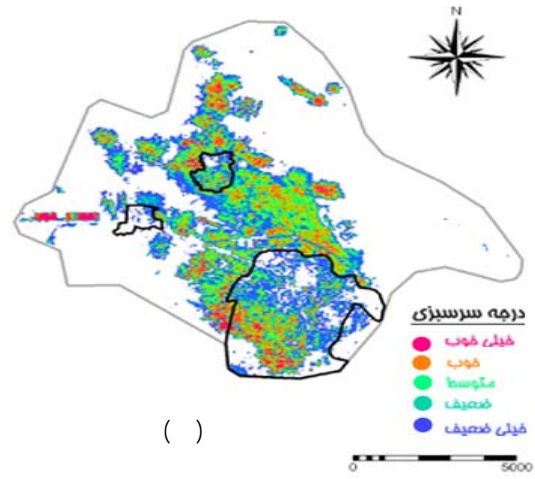
که باتوجه به باند مورد استفاده، مقدار L_{\max} برابر ۱۷/۰۴ و مقدار L_{\min} برابر صفر به‌دست آمده است. مقدار Bias هم مساوی با L_{\min} و برابر صفر منظور گردید. سپس با داشتن مقدار تشعشع طیفی هر پیکسل، دمای ساطع شده از جسم با استفاده از اعمال معکوس قانون پلانک به‌دست آمد که به صورت:

$$T_{\text{rad}} = \frac{K_2}{\ln\left(\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}}\right) + 1\right)}$$

است. در این فرمول K_1 و K_2 اعداد ثابت و به ترتیب برابر با ۱۲۸۲/۷۱ و ۶۶۶/۰۹ است. مقدار T_{rad} بر حسب کلونین محاسبه شده و به دمای مؤثر ماهواره‌ای نیز معروف است. برای تبدیل این اعداد از کلونین به درجه سانتیگراد، از عدد ثابت ۲۷۳/۱۶ استفاده شد. تمامی مراحل فوق بر روی اطلاعات باند ترمال در دو سال اعمال و نقشه‌های معرف درجه حرارت سطحی زمین به‌دست آمد. برای تبدیل درجه حرارت ساطع شده اجسام در سطح زمین به دمای درونی آنها، نیاز به مشخصه‌های دیگری از قبیل جنس پوشش، زاویه میل خورشیدی، زمان دقیق اخذ تصویر و عرض جغرافیایی نقاط است. به‌دلیل در اختیار نبودن این اطلاعات و نیز هدف اصلی از انجام این



()



()

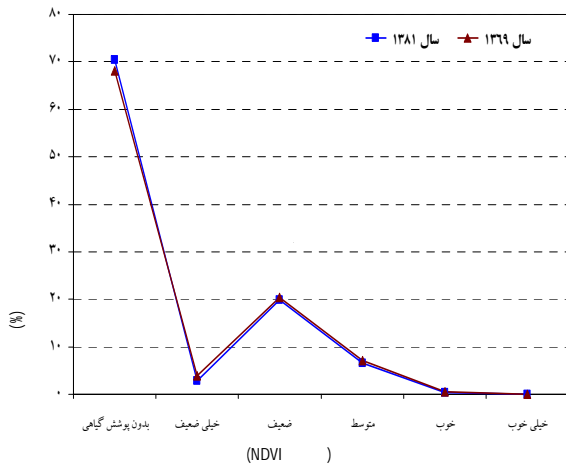
()

()

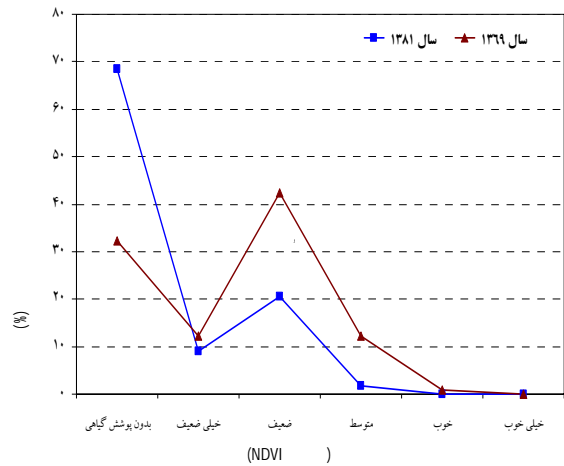
()

شده است و به مساحت مناطق بدون پوشش گیاهی افزوده شده است. در مناطق غیرشهری وضعیت به گونه دیگری است. انطباق منحنی‌های دو سال بر روی یکدیگر نشان‌دهنده این است که در مناطق غیرشهری به دلیل عدم تغییر کاربری اراضی به مسکونی، یا صنعتی (فاقد فعالیت‌های شهر سازی) هیچ‌گونه تخریبی صورت نگرفته و تغییر چندانی در کیفیت پوشش گیاهی هیچ‌کدام از درجات سرسبزی تعریف شده به وجود نیامده است (نمودار شماره ۳).

نمودار شماره (۲) درصد مساحت اختصاص یافته به هر کلاس سرسبزی را در مناطق شهری نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود توزیع پوشش گیاهی در این مناطق به گونه‌ای است که با صرف نظر کردن از محل‌های بدون پوشش، کلاس "ضعیف" بیشترین مقدار پوشش را در هر دو سال به خود اختصاص داده است. همچنین با مقایسه درصد پوشش گیاهی کلاس‌ها مشاهده می‌شود که در طی ۱۲ سال از مساحت پوشش گیاهی در همه کلاس‌های سرسبزی کاسته



()



()

غیر

این ادعاست. شکل شماره (۳) این شهر را در تابستان دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ نشان می‌دهد. در این شکل شدت تخریب پوشش گیاهی، افزایش مناطق مسکونی و صنعتی، خیابان‌ها و راههای ارتباطی بوضوح مشخص است. اطلاعات و شواهد محلی کسب شده نیز گویای همین واقعیت‌اند.



(ب)



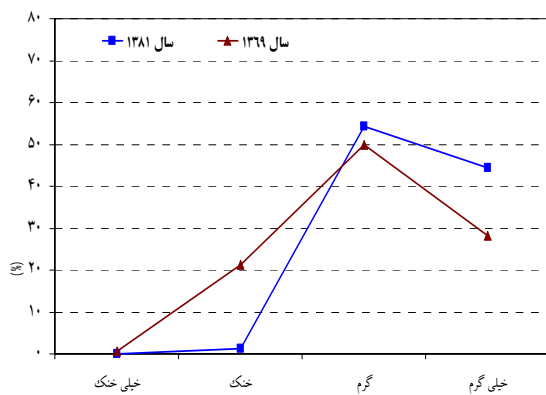
(الف)

() :

()

()

این مناطق مطرح باشد. شواهد و اطلاعات محلی حاصل نیز نشان‌دهنده همین واقعیت است، به طوری که کاهش محسوس درجه حرارت در باغها و کشتزارها در گذشته این شهر کویری مثال زدن بوده است، ولی متأسفانه اکنون چنین وضعیتی وجود ندارد.

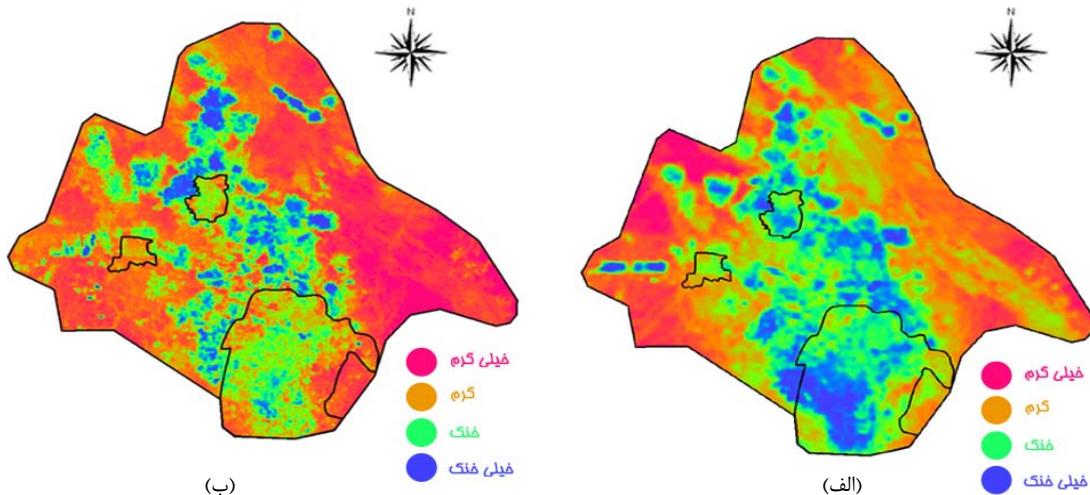


() :

پس از مقایسه درصد مساحت اراضی "بدون پوشش" مناطق شهری در تابستان سالهای ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱، تغییرات کاربری اراضی به میزان ۳۶/۲ درصد محاسبه شد که مبین تبدیل اراضی دارای پوشش گیاهی به مناطق مسکونی و صنعتی است. شهر اردکان مثال بارزی بر

با استفاده از اطلاعات باند ترمال ماهواره لندست نقشه توزیع مکانی درجه حرارت سطحی ساطع شده از پوشش‌های مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه در تابستان دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ تهیه شد (شکل شماره ۴). تغییر در طیف رنگی موجود در این نقشه نشان‌دهنده تغییر نسبی دمای محیط از یک نقطه به نقطه دیگر است. این تغییرات به صورت کلاس‌های مختلف حرارتی مشخص شده‌اند و درصد مساحت هر یک از آنها تعیین شده است.

نمودار شماره (۴) درصد مساحت‌های اختصاص یافته به هر کدام از کلاس‌های مختلف حرارتی مناطق شهری را در تابستان دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ نشان می‌دهد. همان طوری که مشاهده می‌شود از درصد مساحت کلاس‌های "خیلی خنک" و "خنک" کاسته شده و به درصد مساحت کلاس‌های "گرم" و "خیلی گرم" افزوده شده است. این نکته بیانگر تغییر نوع پوشش سطحی (تبدیل پوشش گیاهی به پوشش‌های مصنوعی مانند ساختمان، آسفالت و غیره) و در نتیجه افزایش نسبی دمای هوای محیط‌های شهری اردکان در یک دوره ۱۲ ساله است که می‌تواند به عنوان پیامد منفی تغییر کاربری اراضی در



(ب)

(الف)

()

()

() :

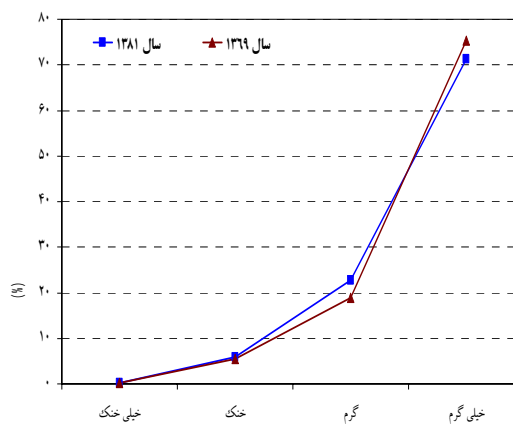
به نظر می‌رسد که برای مطالعه دمای هوای لایه سطحی زمین، استفاده از درجه حرارت ساطع شده اجسام بهتر از درجه حرارت درونی اجسام موجود در سطح زمین باشد.

ولی در مطالعات دیگر نظیر خاک‌شناسی، زمین‌شناسی و نیز مطالعات مربوط به شناسایی عوارض مختلف موجود در سطح زمین باید از درجه حرارت درونی اجسام استفاده شود. زیرا دمای درونی هر جسم یکی از خواص آن است که وابسته به جنس مواد تشکیل‌دهنده و سایر خصوصیات آن بوده که در شناسایی آن می‌تواند کمک زیادی کند.

در تحقیقات مشابهی درجه حرارت درونی اجسام نیز به کمک اطلاعات سنجش از دور محاسبه شده است. لازمه این کار داشتن اطلاعات ماهواره‌ای و زمینی منطبق بر یکدیگر از لحاظ زمانی است. همان‌طوری که در مقدمه ذکر شد روش رایج در این زمینه شامل تبدیل داده‌های خام ماهواره‌ای به تشعشع طیفی و سپس محاسبه درجه حرارت ساطع شده از جسم و در نهایت محاسبه درجه حرارت درونی آن است. این روش به اطلاعات کمکی، نظیر وضعیت پوشش زمین در محل‌های مورد نظر و میزان تشعشع ساطع شده از آنها، زاویه میل خورشیدی با توجه به عرض جغرافیایی نقاط و زمان دقیق اخذ تصویر و نیز انجام تصحیحات اتمسفری دقیق نیازمند است. در این

نمودار شماره (۵) مربوط به مناطق غیرشهری است که در آن درصد مساحت اختصاص یافته به کلاس‌های مختلف حرارتی در دو سال ۱۳۶۹ و ۱۳۸۱ نشان داده شده است.

همان‌طوری که مشاهده می‌شود به دلیل عدم تغییر در کاربری این گونه اراضی، تغییری در درجه حرارت ساطع شده از پوشش‌های سطحی زمین در این منطقه دیده نمی‌شود و در نتیجه دمای محیط در این مناطق نیز تغییر چندانی نداشته است.



() :

بخوبی مشهود است و همان‌گونه که کمیت و کیفیت پوشش گیاهی در این مناطق تغییر نکرده است، تغییری در درجه حرارت ساطع شده از پوشش‌های سطحی این مناطق هم به‌وجود نیامده است. افزایش جمعیت در مناطق شهری و نیاز به مسکن و توسعه فیزیکی محیط‌شهری موضوعی اجتناب‌ناپذیر است. بنابراین برنامه‌ریزی برای مدیریت و ساماندهی ساخت‌وسازهای شهری می‌باید با تدبیر خاصی صورت‌گیرد. به‌طوری‌که از تخریب پوشش گیاهی شهری و تغییر کاربری آنها جلوگیری شود و توسعه مرزهای شهری به سمتی پیش‌رود که پوشش‌های گیاهی مورد تخریب واقع نشوند.

1-Land Surface Temperature

2-Kinetic temperature

3-Emitted energy

4-Radiant temperature

5-Digital Number

۶-شیب تغییرات بازتابش طیفی

۷-عرض از مبدأ

8-Surface emissivity

9-Resampling

10-Bicubic

11-Emitted temperature

12-Kinetic temperature

تحقیق که با هدف مطالعه تغییرات زمانی و مکانی دمای هوای اطراف زمین صورت‌گرفته، از درجه حرارت ساطع شده توسط پوشش‌های مختلف زمینی به محیط پیرامون خود استفاده شده است. عوامل مختلف جوئی از قبیل جابه‌جایی توده‌های هوا، سرعت باد، میزان رطوبت و غیره نقشی تعیین‌کننده در کنترل دمای هوا در یک منطقه دارند.

هدف اصلی این تحقیق، مطالعه نقش تغییرات کاربری اراضی، به عبارتی دیگر تغییر در جنس پوشش‌های سطحی زمین بر روی درجه حرارت محیط بوده است. بنابراین اثر پوشش‌های مختلف (پوشش گیاهی و پوشش‌های مصنوعی از قبیل آسفالت، بتون، آجر و غیره) بر روی درجه حرارت ساطع شده به محیط پیرامون زمین بررسی شده است. به همین علت نیز عدم انطباق زمان اخذ تصاویر در دو سال متفاوت نمی‌تواند عاملی برای ایجاد خطا در مقایسه‌ها باشد. به‌طوری‌که مقایسه جنس پوشش‌های موجود بر روی سطح زمین در ۲۰ شهریور و ۱۹ تیرماه دو سال توجیه‌پذیر است.

فرض چنین مقایسه‌ای این است که در تاریخ‌های پیش‌گفته تغییرات معنی‌دار ناشی از تغییر فصل در میزان سرسبزی پوشش‌های گیاهی رخ نمی‌دهد و پوشش‌ها از هر لحاظ مشابه یکدیگرند. با مقایسه نتایج به‌دست آمده در این تحقیق می‌توان آثار متقابل بین "کاربری اراضی- درجه حرارت سطحی- پوشش گیاهی" را مشخص کرد. به‌طوری‌که کاهش پوشش گیاهی در مناطق شهری به واسطه تغییر کاربری اراضی باعث افزایش نسبی دمای ساطع شده توسط پوشش‌های این مناطق شده است.

به عبارتی دیگر کنترل و تعدیل دمای یک منطقه بشدت تحت تأثیر پوشش گیاهی آن منطقه است. این نکته در مناطق غیرشهری نیز

علوی پناه، س.ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، دانشگاه تهران، ۴۷۸ صفحه.

علوی پناه، س.ک. ۱۳۸۲. بررسی دمای سطحی بیابان لوت با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی و داده‌های حرارتی ماهواره‌ای، مجله بیابان، شماره ۱، جلد ۷، ۹۹-۸۵.

Abdollahi, J.1997. Environmental factors influencing the distribution of plant species. A case study using a Geographic Information System and Remote Sensing in the mountains south of Yazd, Iran, ITC, Ms.C. Thesis, 104p.

Alavi Panah, S.K., et al. 2001. Study of wind erosion forms and their surface temperature based on remotely sensed data, Proceedings on "Promotion of Suitable New Technology, Tehran, Iran.

Becker, F. and Li, Z. L.1990. Towards a local split window method over land surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, 11:369-393.

Gallo, K. P., et al. 1993. The use of a vegetation index for assessment of the urban heat island effect, *International Journal of Remote Sensing*, 14, 11: 2223-2230.

Geist, H.; Lambin, E.F. 2001. What drives tropical deforestation? LUCR Report Series No.4, LUCR International Project office, University of Louvain.

Goward, S. N., Cruickshanks, G. D. and Hope, A. S.1985. Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape, *Remote Sensing of Environment*, 18: 137-146.

Harrington, L. P. 1977. The role of urban forests in reducing urban energy consumption, edited by Proceedings of the Society of American Foresters, Washington, D.C., 60-66pp.

Huang, Y. J., et al. 1987. The potential of vegetation in reducing summer cooling loads in residential buildings, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26: 1103-1116.

Lambin, E.F. 2000. Land cover assessment and monitoring, in WILEY, J.: *Encyclopedia of Analytical Chemistry*'.

Lillesand, T.M., Keifer, R. W. and Chipman, J. W.2004. *Remote sensing and Image interpretation*, Fifth edition, Wiley press, 763p.

Maathuis, B. H. P. 1995. *Remote sensing and image processing*, ITC Lecture notes.

Markham, B. L. ;Barker, J. L.1986.Land sat MSS and TM post-calibration dynamic rangers, exoatmospheric reflectance and at-satellite temperatures, *EOSAT Landsat Tech. Notes (Aug.):* 3-8pp.

Nakamura, M.,et al. 2002.Characterization of Urban Heat Radiation Flux Using Remote Sensing Imagery , Yasuoka Laboratory Institute of Industrial Science University of Tokyo.

Norman, J. M., Chen, J. L. and Goel, N. S. 1990. Thermal emissivity and infrared temperature dependence of plant canopy architecture and view angle, proceeding of 10th Annual International Geosciences Remote Sensing Symposium, Vol. III, pp. 1747-1750. IEEE, 445 Hoes Lane, Piscataway, NJ 08854.

...

Norman, J. M., Divakarla, M. and Goel, N.S. 1995. Algorithms for extracting information from remote thermal-IR observations of the Earth's surface, *Remote Sensing Environment journal*, 51: 157-168pp.

Oke, T. R. 1982. The energetic basis of the urban heat island, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108: 1, 24.

Quarmby, N.A. 1989. Monitoring urban land cover changes at the urban fringe from SPOT HRV imagery in south-east England, *International Journal Remote Sensing*, 1989, vol. 10.6, pp 953-963pp.

Roth, M., Oke, T. R. and Emery, W. J. 1989. Satellite derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology, *International Journal of Remote Sensing*,

Rothery, D.A., Francis, P.W. and Wood, C.A. 1988. Volcano monitoring using short wavelength infrared data from satellites. *Journal of Geophysical Research*, 93: 7993-8008pp.

Shrestha, D. P.1994. Remote sensing techniques and digital image processing, ITC lecture notes.

Small, C. and Miller, R.B. 1999. Monitoring the Urban Environment from Space ,Lamont Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, NY, USA

Suga, Y.,et al.2003. detection of surface temperature from landsat-7/etm +, *Advances in Space Research*, Volume 32, Issue 11:2235-2240pp.

Uchida, S. 1997. Temporal Analysis of Agricultural Land Use in the Semi Arid Tropics of India Using IRS Data, Environmental Resources Division ,Japan International Research Center for agricultural Sciences (JIRCAS)

Vidal, A. 1991. Atmospheric and emissivity correction of land surface temperature measured from satellite using ground measurements or satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 12, No. 12: 2449-2460pp.

Wagrowski, D.M. and Hites, R.A. 1997. Polycyclic aromatic hydrocarbon accumulation in urban, suburban and rural vegetation, *Environmental Science & Technology*, 31: 1, 279-282pp.

Wukelic, G. E., et al. 1989. Radiometric calibration of Landsat Thematic Mapper thermal band. *Remote Sense. Environ.* 28: 339-347pp.

Yang, J. and Wang, Y.Q. 2002. Estimation of Land Surface Temperature using Landsat-7 ETM+ Thermal Infrared and weather station Data, http://www.ltrs.uri.edu/research/LST_page