



بررسی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور

بهروز احمدی^۱، اردوان قربانی^{۲*}، طاهر صفرزاد^۳، بهروز سبجانی^۴

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی

۳. دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران

۴. دانشیار دانشگاه محقق اردبیلی

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:

دریافت: ۸ خرداد ۱۳۹۳

پذیرش: ۱۱ دی ۱۳۹۳

دسترسی اینترنتی: ۲۰ خرداد ۱۳۹۴

واژه‌های کلیدی:

دمای سطحی

مدل پیکسل Dimidiate

کاربری اراضی

شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی

کسر پوشش گیاهی

اردبیل

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی دمای سطح زمین در رابطه با پوشش گیاهی و کاربری اراضی شهری با استفاده از داده‌های سنجش از دور در محدوده شهر اردبیل و اراضی حاشیه آن تا شعاع ۱۵ کیلومتری با استفاده از تصویر لندست TM (۲۰۱۰)، پس از عملیات پیش پردازش نظیر آماده‌سازی تصویر، اصلاح رادیومتریکی و هندسی که با استفاده از نرم‌افزار ENVI[®] 4.7 انجام شد. سپس برای اندازه‌گیری دمای سطحی از باند حرارتی تصویر و اعمال معادلات مربوطه جهت تبدیل اعداد رقومی به رادیانس و رادیانس به دمای درخشندگی استفاده شد. در مرحله بعد برای محاسبه گسیلمندی از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) استفاده شد و نقشه کاربری اراضی به صورت نظارت شده در شش کلاس از سطح تصویر استخراج شد. برای استخراج کسر پوشش گیاهی از مدل پیکسل Dimidiate استفاده شد. برای ارزیابی صحت داده‌های دمای سطحی استخراج شده از تصویر، از داده‌های چهار ایستگاه هواشناسی به صورت ساعتی استفاده شد و برای تطبیق این داده‌ها با هم، از یک رابطه رگرسیونی ساده استفاده شد. نتایج نشان داد که ضریب همبستگی دمای سطحی زمین (استخراج شده از تصویر) با دمای هوای ایستگاه‌های هواشناسی ۰/۷۹ و همبستگی دمای هوای ایستگاه‌ها با دمای هوای استخراج شده از تصویر ۰/۹۹ می‌باشد.

*پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: a_ghorbani@uma.ac.ir

مقدمه

دمای هوا از جمله عواملی است که از شرایط محیطی تأثیر می‌پذیرد و یکی از شاخص‌های کیفیت محیط زیست به شمار می‌آید (۱). دمای سطح زمین در هر محدوده‌ای به خصوصیات مواد تشکیل دهنده آن و بازتابش انرژی خورشید وابسته است. بر این اساس یکی از علل تغییرات دمایی هوا، تغییر در کاربری‌ها و پوشش‌های گیاهی سطح زمین می‌باشد. در محیط‌های شهری متناسب با رشد سریع جمعیت، توسعه صنایع، تغییر کاربری‌ها و افزایش نواحی نفوذناپذیر مشکلاتی از قبیل آزاد شدن انرژی گرمایی، آلودگی هوا، تغییرات دمایی، جزایر حرارتی و سایر پارامترهای هواشناختی را سبب می‌گردد. بنابراین، شناخت این فرایندها و اتخاذ تصمیم مناسب برای مدیریت‌های شهری دارای اهمیت زیادی است (۱۸). با استفاده از درجه حرارت سطح زمین می‌توان اطلاعات مفیدی را در رابطه با خصوصیات فیزیکی سطح زمین و اقلیم که نقش بسزایی را در فرآیندهای محیط زیستی دارند، به دست آورد (۱۶). سنجش از دور در طی دو دهه اخیر به جهت نیاز گسترده به اطلاعات دمای سطح زمین برای مطالعات محیطی و فعالیت‌های مدیریتی منابع زمینی، دمای سطح زمین را به یکی از موضوعات مهم علمی تبدیل کرده است (۱۹). در حالت کلی منبع اصلی و رایج داده‌های اقلیمی مانند دما، ایستگاه‌های سینوپتیکی هستند. از آنجا که داده‌های اقلیمی ثبت شده توسط ایستگاه‌های سینوپتیکی، در رابطه با مکان قرارگیری آن‌ها می‌باشد. بنابراین، نمی‌توان از این داده‌ها برای تعمیم به سطح منطقه به صورت دقیق استفاده کرد. امروزه برای حل این مشکلات و هزینه بالای جمع‌آوری اطلاعات پایه حرارتی توسط روش‌های سنتی، استفاده از تکنولوژی سنجش از دور به عنوان جایگزین مورد توجه قرار گرفته است. داده‌های حرارتی سنجش شده از دور با بهره‌گیری از بخش مادون قرمز حرارتی طیف الکترومغناطیس که در پرتوهای خورشیدی چندان قوی نیستند، امکانات و تسهیلات متعددی را برای چنین مطالعاتی مهیا می‌کنند و امکان دسترسی به دمای سطح زمین را به وجود می‌آورد (۶ و ۱۷). بدین ترتیب، آگاهی از دمای سطح زمین و تغییرات مکانی و زمانی آن در محیط شهر، اهمیت خاصی در

مطالعه آب و هوای شهری و تعامل انسان و محیط زیست دارد (۲۳). از آنجایی که محدوده مورد مطالعه، شهر اردبیل و اراضی حاشیه آن بوده و این شهر که در شمال غرب کشور واقع شده است از دیرباز به عنوان یکی از کانون‌های عمده جمعیتی بوده و از سال ۱۳۷۲ به عنوان مرکز استان اردبیل شناخته شده است. این شهر با دارا بودن جاذبه‌های اجتماعی، اقتصادی، صنعتی و غیره به عنوان قطب جاذب جمعیتی در منطقه مطرح است و تحولات جمعیتی و متعاقب آن توسعه کالبدی شهر از سال ۱۳۳۵ تاکنون بیانگر این مطلب است. با توجه به روند رو به رشد شهر اردبیل از لحاظ جمعیتی و با در نظر گرفتن اینکه این شهر از دیرباز تا به امروز یکی از شهرهای توریستی و جاذب جمعیتی به لحاظ آب و هوایی به ویژه در فصل تابستان بوده و همچنین با ملاحظه به اینکه در این محدوده قبلاً مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های سنجش از دوری در ارتباط با دمای سطحی و استخراج جزایر حرارتی صورت نگرفته، ضروری است که اقلیم آن همواره مورد بحث و بررسی قرار بگیرد. مطالعات زیادی در دنیا از جمله ایران در ارتباط با این موضوع صورت گرفته است. به طور مثال، ونگ و همکاران (۲۲)، با استفاده از تصویر ETM^+ (Enhancement Thematic Mapper) بر روی شهر اندیاناپلیس روش موقتی را برای تعیین رابطه میان دمای سطح زمین و کاربری و پوشش اراضی و روش‌های اکولوژیکی پیشنهاد کردند. در این تحقیق تصاویر کسر پوشش گیاهی سبز، خاک، مناطق با آلدوی بالا و مناطق با آلدوی پایین با به کار بردن مدل جداسازی طیفی به دست آمده و نتایج آن‌ها نشان داده که تصاویر کسری استخراج شده به صورت قابل توجهی بیانگر مورفولوژی شهر هستند و رابطه منطقی با خصوصیات بیوفیزیکی شهر را نشان داده‌اند. توریسیلوواتی و همکاران (۲۱)، در تحقیقی به بررسی ارتباط بین پدیده جزیره حرارتی شهر و تغییرات کاربری/پوشش زمین با استفاده از داده‌های لندست در سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ در جاکارتای اندونزی پرداختند. روش‌های اصلی به کار گرفته شده در آن تحقیق طبقه‌بندی نظارت نشده، ماتریکس رویهم‌گذاری، تحلیل‌های آماری پلات جعبه‌ای برای کاربری/پوشش زمین و سنجش از دور حرارتی برای تخمین

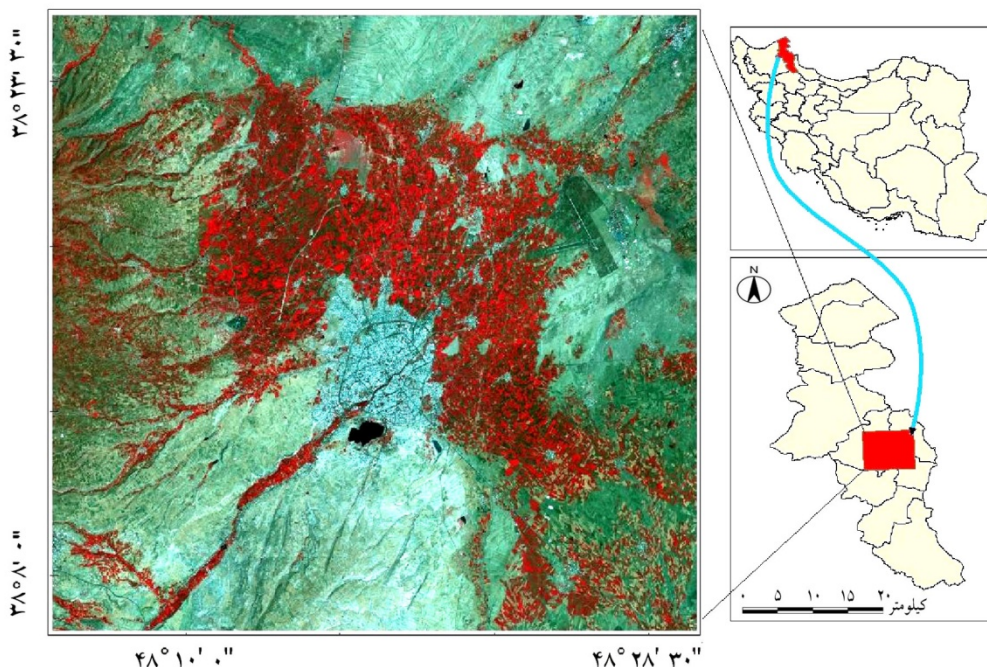
همراه بوده و به مهاجرت پیکسل‌ها از شرایط مطلوب (دمای پایین و پوشش گیاهی بالا) به شرایط نامطلوب (دمای بالا و پوشش گیاهی پایین) منجر شد که عامل مؤثری در تشکیل حرارت‌های بالا در شهر شناخته می‌شود. هدف این تحقیق، استخراج و بررسی دمای سطح زمین در ارتباط به انواع کاربری‌ها و پوشش گیاهی موجود در آن با استفاده از داده‌های تصویر ماهواره لندست بوده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه شهر اردبیل و اراضی حاشیه‌ای آن (دشت اردبیل) تا شعاع ۱۵ کیلومتری در محدوده $38^{\circ} 6' 32''$ تا $38^{\circ} 26' 3''$ شرقی و $48^{\circ} 31' 27''$ تا $48^{\circ} 29' 26''$ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱).

دمای سطحی بوده است. نتایج آن‌ها نشان داد که با توسعه نواحی مسکونی، صنعتی و عرصه‌های آبی و همچنین کاهش نواحی دارای پوشش گیاهی در طول سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲، توزیع جزیره حرارتی شهری با دمای بالا (بیشتر از 30° درجه سانتی‌گراد) در بخش مرکزی شهر جایی که ساختمان‌ها و جاده‌ها بیشتر بودند و سطوح بدون پوشش گیاهی مشاهده شده است. امیری (۱) با بهره‌گیری از سنسورهای لندست ۴، ۵ و ۷ مربوط به بررسی توزیع حرارت و تغییرات آن در ارتباط با کاربری و پوشش زمین و ویژگی‌های آن در منطقه شهری تبریز پرداخته و در این تحقیق از تصاویر لندست ۴، ۵ و ۷ مربوط به سنسورهای TM و ETM^{+} که به ترتیب متعلق به سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱ بودند، استفاده کرد. وی برای مدل‌سازی توزیع حرارت، ارتباط میان شاخص NDVI و ارتفاع با حرارت سطح از تحلیل همبستگی و رگرسیون چندگانه استفاده کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که تبدیل کاربری‌های فضای سبز و کشاورزی به مناطق مسکونی با تغییرات حرارتی



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه در سطح کشور و استان اردبیل

و با داشتن امکانات برتر از جمله جاذبه‌های اقتصادی، فرهنگی، علمی، هنری و غیره نسبت به شهرهای دیگر استان،

این شهرستان در بهمن ماه سال ۱۳۷۲ با جدا شدن استان اردبیل از استان آذربایجان شرقی، به عنوان مرکز استان انتخاب

لکه‌های ابر در سطح تصویر صورت گرفت که با رعایت موارد فوق به دلیل محدودیت تصاویر با قدرت تفکیک بالا و مطلوب به ناچار از تصویر TM لندست ۵ که به صورت مجانی از سایت زمین‌شناسی آمریکا قابل دانلود هستند، استفاده شد. به منظور آماده‌سازی تصویر، تصحیحات هندسی و رادیومتریکی روی تصویر صورت گرفت. بدین منظور با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ زمین‌مرجع شد و مقدار RMS (Root Mean Square) نیز ۰/۴۸ به دست آمد. سپس به منظور بررسی صحت و درستی تصویر، از ۱۰ نقطه کنترلی که در نقاط مشخص مانند تقاطع راه‌ها با استفاده از GPS در سطح شهر و محدوده ثبت گردید، استفاده شد. در جدول ۱ مشخصات تصویر مورد استفاده ارائه شده است.

تاکنون روندی افزایشی و رو به رشد از لحاظ جمعیتی داشته است. استان اردبیل به دلیل تنوع ناهمواری‌ها و همچنین تنوع عوامل مؤثر در اقلیم منطقه، آب و هوای متنوعی دارد. از یک سو کوهستانی بودن منطقه، جهت رشته‌کوه‌ها، اختلاف ارتفاع و عرض جغرافیایی و وجود دریای خزر عوامل محلی آب و هوای استان محسوب می‌شوند و از سوی دیگر جریانات هوایی مدیترانه‌ای، اروپای شمالی و آسیای مرکزی عوامل فرامحلی مؤثر در آب و هوای استان به شمار می‌آیند.

انتخاب، آماده‌سازی و پیش‌پردازش تصاویر

در این پژوهش، انتخاب تصویر با در نظر گرفتن عواملی از جمله شرایط زمانی (تابستان)، کیفیت مطلوب، عدم پوشش

جدول ۱. خصوصیات تصویر TM ماهواره لندست ۵

تصویر	تاریخ اخذ	گذر/ردیف	تعداد باند	قدرت تفکیک	زاویه آزیموت	زاویه ارتفاع
	۲۰۱۰/۲۷/۰۷ میلادی		۶ باند انعکاسی	۳۰ متر	خورشید	خورشید
لندست TM	۱۳۸۹/۰۵/۰۵ هجری - شمسی	۳۳/۱۶۷	۸ باند	۱۲۰ متر	۱۲۶/۱۹	۶۱/۲۱
			۱ باند پانکروماتیک	۱۵ متر		

رادیانس؛ ϵ مقدار گسیلمندی که برابر ۰/۹۵؛ τ ضریب گسیل انرژی.

تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی

با استفاده از باندهای ۱ تا ۵ و ۷ تصویر پیش‌پردازش شده، الگوهای کاربری/پوشش اراضی به صورت روش طبقه‌بندی نظارت شده نقشه‌سازی شد. ابتدا نمونه‌های آموزشی از پیکسل‌های خالص برای کاربری‌ها انتخاب و سپس با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال تصویر طبقه‌بندی و در نهایت با اعمال فیلترگذاری (Majority Filter)، در سه مرحله انجام گرفت. برای ارزیابی صحت نقشه طبقه‌بندی نیز با توجه به بازدید میدانی از محدوده و برداشت نقاط از کاربری‌ها، تفسیر

مقادیر ثبت شده به عنوان ارزش پیکسلی در تصاویر سنجش از دوری تحت اثرات اتمسفری قرار گرفته و با مقادیر واقعی بازتاب عوارض بخصوص در باند اول تفاوت دارد و این مقادیر لازم است مورد تصحیح قرار گیرند. در این مطالعه تصحیح اتمسفری با استفاده از رابطه ۱ انجام شد (۸). پس از انجام تصحیحات تصویر، محدوده مورد مطالعه از تصویر برش داده شد.

$$CV_{R2} = \frac{CV_{R1} - L \uparrow}{\epsilon \tau} - \frac{1 - \epsilon}{\epsilon} L \downarrow \quad [1]$$

در این معادله CV_{R2} ارزش سلولی تصحیح شده اتمسفری به صورت رادیانس؛ CV_{R1} ارزش سلولی رادیانس باند یک؛ $L \uparrow$ کمترین مقدار رادیانس؛ $L \downarrow$ بالاترین مقدار

مورد استفاده قرار گیرد تا توزیع دمای سطحی زمین را انعکاس نماید (۹). برای این منظور در دو مرحله، محاسبه دمای روشنایی از سطح تصویر به شرح زیر صورت گرفت. الف) تبدیل اعداد رقومی (Digital Number) ثبت شده بانده ۶ به رادیانس با استفاده از رابطه ۵.

$$\lambda_i = \left(\frac{L_{Max} - L_{Min}}{Qcal_{Max} - Qcal_{Min}} \right) (Qcal - Qcal_{Min}) + L_{Min} \quad [5]$$

در این رابطه؛ L_{Max} و L_{Min} بر اساس هدر فایل تصویر برای هر بانده مقداری مشخص هستند. این مقادیر برای بانده حرارتی در تصویر مورد استفاده برابر، $Qcal_{Min}$ کمترین عدد رقومی برابر صفر و $Qcal_{Max}$ بزرگترین عدد رقومی برابر ۲۵۵، برابر است با مقدار عدد رقومی هر بانده (۱۳).

ب) تبدیل رادیانس طیفی به دمای درخشندگی بر حسب کلونین با استفاده از رابطه ۶ انجام شد.

$$T_B = \frac{K_2}{\ln \left[\left(\frac{K_1}{L_\lambda} \right) + 1 \right]} \quad [6]$$

که در این رابطه؛ T دمای روشنایی سنجنده بر حسب کلونین، L_λ رادیانس طیفی بانده ۶، مقادیر K_1 و K_2 ثابت کالیبراسیون بر حسب $(Wm^{-2}Sr^{-1}\mu m^{-1})$ هستند که این مقادیر برای سنجنده TM به ترتیب برابر ۶۶۶/۰۹ و ۱۲۸۲/۷۱ می باشد (۸).

محاسبه توان تشعشی (گسیلمندی)

نسبت بین گسیلش از یک شیء به گسیلش از جسمی سیاه در دمای ثابت را توان تشعشی (گسیلمندی؛ Emissivity) گویند. مقدار گسیلمندی برای تبدیل دمای روشنایی به دمای جنبشی، دمای داخلی یک جسم است که به وسیله دماسنج یا هر وسیله گرماسنج دیگر ثبت می شود (۴). در این تحقیق برای محاسبه دمای سطحی از مدل ترکیبی درصد پوشش استفاده شد که مقدار درصد پوشش گیاهی با استفاده از آستانه گذاری شاخص NDVI محاسبه گردید.

چشمی و مراجعه به گوگل ارث (Google Earth) نقاط کنترلی به تعداد ۱۱۸۰ نقطه استخراج شد. در نهایت با استفاده از ماتریس درهمی واریانس- کوواریانس در جدول ماتریس خطا (Matrix Error)، تحت عنوان صحت کلی (رابطه ۲) و ضریب کاپا (رابطه ۳) محاسبه گردید (۱۰).

$$OA = 1/N(\sum P_{ii}) \quad [2]$$

$$K_a = (OA - 1/q) / (1 - 1/q) \quad [3]$$

که در این رابطه؛ OA صحت کلی، N تعداد کل پیکسل های آزمایشی، $\sum P_{ii}$ مجموع پیکسل های درست طبقه بندی شده و K_a ضریب کاپا، OA صحت کلی، q پیکسل های درست طبقه بندی نشده، می باشد.

شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص اندازه گیری مقدار و توان (Vigour) پوشش گیاهی در سطح زمین است (۱۰). این شاخص بر اساس رابطه ۴ محاسبه شد.

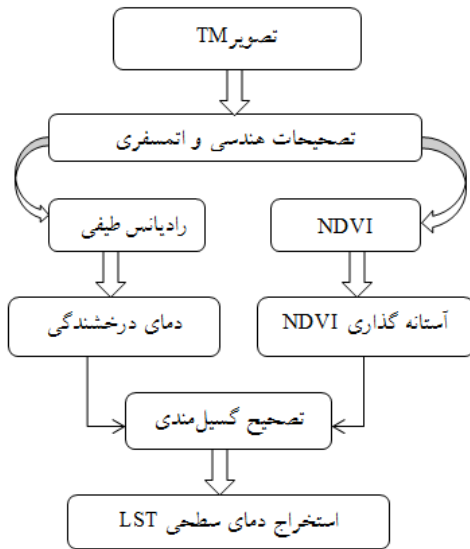
$$NDVI = (b_{NIR} - b_{Red}) / (b_{NIR} + b_{Red}) \quad [4]$$

در این معادله b_{NIR} و b_{Red} میزان بازتابندگی در باندهای نزدیک مادون قرمز نزدیک و قرمز می باشد.

محاسبه دمای روشنایی سنجنده

سنجنده ماهواره با استفاده از بانده مادون قرمز حرارتی، رادیانس را در سطح بالای اتمسفر (TOA; Top of Atmosphere) از دمای روشنایی (دمای جسم سیاه نیز نامیده می شود) که می توان آن را با استفاده از قانون پلانک استخراج کرد، اندازه گیری می کند (۱۱). بر این اساس فرض می کند که مقدار بخار آب اتمسفر برای یک ناحیه نسبتاً کوچک ثابت است، به طوری که شرایط جوی را می تواند به صورت یکنواخت در نظر بگیرد و تأثیر جو بر دمای رادیانس را می توان نادیده گرفت. بنابراین، دمای روشنایی سنجنده می تواند

گیسلندگی به دست آمده از معادله؛ $\rho = \frac{n \times c}{Q}$ که در این معادله نیز h ثابت پلانک ($6.66 \times 10^{-34} \text{ j.sec}$)، C سرعت نور ($2.998 \times 10^8 \text{ m/sec}$) و Q ثابت استفان بولتزمن ($1.38 \times 10^{-23} \text{ J/k}$)، بنابراین مقدار p با توجه به مقادیر برابر است با ($1.438 \times 10^{-2} \text{ mk}$).



شکل ۲. مراحل مربوط به استخراج دمای سطحی تصویر TM

ارزیابی دمای سطحی استخراج شده با ایستگاه‌های هواشناسی

حرارت ناشی از تشعشع سطحی یک جسم که به حرارت سطحی (T_s ; Temperature Surface) معروف است با دمای هوای (T_a ; Temperature Air) در برگیرنده آن جسم، بسته به زمان و ساعات شبانه‌روز دارای اندکی اختلاف می‌باشد (۱۱). نیکول (۱۸) مقدار این اختلاف را در محیط شهری ۵/۵ درجه سانتی‌گراد به دست آورد. در این پژوهش از داده‌های چهار ایستگاه سینوپتیکی در محدوده مورد مطالعه استفاده شد. بدین صورت که تاریخ اخذ تصویر مورد نظر به وقت محلی ۹:۳۰ دقیقه برداشت شده و اختلاف این محدوده با گرینویچ تقریباً ۳:۳۰ می‌باشد بنابراین، از داده‌های ساعت ۰۶ صبح به وقت گرینویچ (برابر با ساعت ۹:۳۰ دقیقه به وقت محلی) ایستگاه‌های سینوپتیکی استفاده گردید. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیکی در محدوده مورد نظر در جدول ۲ آورده شده است.

الف) $NDVI < 0.2$ خاک خشک و مقدار گیسلندگی آن برای باند حرارتی لندست برابر ۰/۹۷۸ است؛
 ب) $NDVI < 0.5$ پوشش گیاهی و مقدار گیسلندگی برابر ۰/۹۸۵؛
 ج) $0.2 \leq NDVI \leq 0.5$ مقدار گیسلندگی بر اساس رابطه ۷ محاسبه شد (۱۸).

$$\text{مقدار گیسلندگی} = \varepsilon_V P_V + \varepsilon_s (1 - P_V) + d\varepsilon \quad [7]$$

که در این رابطه؛ ε_V گیسلندگی پوشش گیاهی، ε_s گیسلندگی خاک، P_V و $d\varepsilon$ به ترتیب بر اساس روابط ۸ و ۹ به دست آمد (۲۰).

$$P_V = \left[\frac{NDVI - NDVI_{\min}}{NDVI_{\max} - NDVI_{\min}} \right]^2 \quad [8]$$

مقدار $NDVI_{\max}$ برابر ۰/۵ و $NDVI_{\min}$ برابر ۰/۲ می‌باشد. $d\varepsilon$ در واقع اثر توزیع هندسی سطوح طبیعی و انعکاس درونی آن‌ها را نشان می‌دهد.

$$d\varepsilon = (1 - \varepsilon_s)(1 - P_V)F\varepsilon_V \quad [9]$$

که در این معادله F ضریب شکل است و مقدار میانگین آن با فرض توزیع هندسی متفاوت سطوح، ۰/۵۵ می‌باشد (۱۹).

دمای سطح زمین

مراحل استخراج دمای سطحی (LST ; Land Surface Temperature) با استفاده از تصویر در فلوچارت ۲ ارائه شده است.

پس از تصحیحات لازم روی تصویر حرارتی و محاسبه گیسلندگی، دمای سطح محدوده مورد مطالعه بر اساس رابطه ۱۰ محاسبه شد (۱۳).

$$LST = \frac{T_B}{1 + \left(\frac{\lambda \times T_B}{\rho} \right) Ln\varepsilon} \quad [10]$$

در رابطه فوق T_B دمای درخشندگی؛ λ طول موج رادینانس ساطع شده (۱۱/۵ میکرومتر)؛ $Ln\varepsilon$ لگاریتم طبیعی

$$T_{Air} = 14/6 + 0/44 \times SRT \quad [11]$$

شیب معادله نشان می‌دهد که با افزایش هر درجه سلسیوس در دمای سطحی، ۰/۴۴ به دمای هوای نزدیک سطح زمین افزوده می‌شود.

گارسیا و همکاران (۱۲)، در تحقیقی روی شهر مکزیکو توانستند که تابع دقیق بین دمای تابشی سطحی و دمای هوای نزدیک به سطح را با استفاده از یک مدل ساده خطی به دست آورند. در این پژوهش نیز، ساده‌ترین مدل خطی دمای سطحی (SRT) و دمای هوا (T_{Air}) برای مناطق شهری به صورت رابطه ۱۱ به دست آمد.

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیکی

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
اردبیل	۴۸° ۲۰'	۳۸° ۱۳'	۱۳۳۵
فرودگاه	۴۸° ۲۵'	۳۸° ۲۰'	۱۳۱۴
نمین	۴۸° ۲۹'	۳۸° ۲۵'	۱۴۷۹
سرعین	۴۸° ۰۵'	۳۸° ۰۸'	۱۶۵۸

بنابراین، با محاسبه روابط ۱۲، ۱۳ و ۱۴ با هم، می‌توان رابطه محاسبه کسر پوشش گیاهی را به صورت رابطه ۱۵ به دست آورد.

$$fc = (R - R_{Soil}) / (R_{veg} - R_{Soil}) \quad [15]$$

در این رابطه R_{veg} و R_{Soil} دو پارامتر کلیدی مدل پیکسل Dimidiate هستند. NDVI یک فاکتور نشان‌دهنده حالت رشد پوشش گیاهی است. بر طبق مدل پیکسل Dimidiate، می‌توان NDVI هر پیکسل را بر اساس رابطه ۱۶ بیان کرد.

$$fc = \frac{NDVI - NDVI_{Soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{Soil}} \quad [16]$$

در این معادله $NDVI_{veg}$ همان NDVI پیکسل خالص پوشش گیاهی است در صورتی که $NDVI_{Soil}$ در واقع NDVI پیکسل خالص خاک است. در این نظریه، $NDVI_{Soil}$ باید برای بیشتر انواع خاک‌ها صفر باشد، اما این مقدار به دلیل تأثیر بسیاری از عوامل از ۰/۱- تا ۰/۲ متغیر است (۱۴).

$NDVI_{veg}$ باید بیشترین مقدار NDVI باشد، اما این مقدار نیز با تغییر زمانی و مکانی به دلیل تأثیر انواع پوشش گیاهی متغیر است. بنابراین، $NDVI_{veg}$ و $NDVI_{Soil}$ نمی‌توانند دارای مقادیر ثابتی، حتی در یک تصویر باشند.

نوع پوشش گیاهی با تغییر نوع کاربری زمین، تغییر پیدا

استخراج کسر پوشش گیاهی با استفاده از مدل پیکسل Dimidiate

کائو و همکاران (۷)، در تحقیقی مدل پیکسل دو نیم شده (Dimidiate) را برای کسر پوشش گیاهی مورد استفاده قرار دادند. بر اساس این مدل فرض می‌شود که یک پیکسل شامل دو مؤلفه است: پوشش گیاهی خالص و نواحی بدون پوشش گیاهی، بر این اساس انعکاس هر پیکسل را می‌توان با استفاده از رابطه ۱۲ محاسبه کرد.

$$R = R_v + R_s \quad [12]$$

که در این رابطه؛ R_v انعکاس طیفی پوشش گیاهی خالص؛ R_s انعکاس طیفی بدون پوشش گیاهی است. در این رابطه فرض می‌شود که نسبت پوشش گیاهی پیکسل fc است که همان کسر پوشش گیاهی است، سپس نسبت پوشش نواحی بدون پوشش گیاهی به صورت $1 - fc$ می‌باشد. اگر کل پیکسل دارای پوشش گیاهی باشد، انعکاس آن R_{veg} است و اگر بدون پوشش گیاهی باشد انعکاس R_{Soil} است. بنابراین، R_v و R_s یک پیکسل ترکیبی را می‌توان با استفاده از رابطه ۱۳ و همچنین R_{Soil} و $1 - fc$ را با استفاده از رابطه ۱۴ نشان داد.

$$R_v = fc \times R_{veg} \quad [13]$$

$$R_s = (1 - fc) \times R_{soil} \quad [14]$$

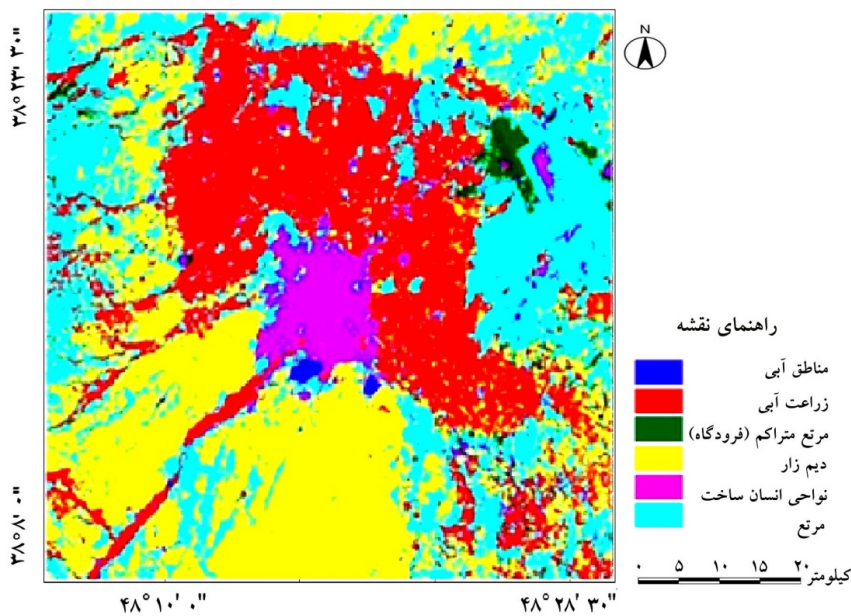
مرتفع، مناطق آبی، مرتع متراکم تحت عنوان فرودگاه به صورت یک کاربری ویژه، دیم‌زار و نواحی دارای زراعت آبی برای ناحیه مورد مطالعه استخراج گردید. نتایج نشان داد کاربری مرتع با ۳۷۵۳۱/۸۱ هکتار دارای بیشترین مساحت و کمترین مساحت نیز مربوط به کاربری آب بوده که ۲۷۵/۱۹ هکتار می‌باشد. جزئیات مربوط به هر یک از کاربری‌ها در ناحیه مورد مطالعه در جدول ۳ نشان داده شده است.

می‌کند. برای یک نوع کاربری همسان، انواع پوشش‌های گیاهی تقریباً یکسان‌اند؛ بنابراین، پیکسل‌های $NDVI_{veg}$ نزدیک به همان نوع پوشش گیاهی هستند و پیکسل‌های $NDVI_{Soil}$ نیز نزدیک و مشابه همان نوع خاک هستند (۷).

نتایج و بحث

کاربری اراضی

نقشه کاربری اراضی به صورت طبقه‌بندی نظارت شده در شکل ۳ آورده شده است. تعداد ۶ کلاس نواحی انسان‌ساخت،



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی طبقه‌بندی نظارت شده

جدول ۳. مساحت کاربری‌ها در سطح شهر اردبیل تا شعاع ۱۵ کیلومتری

درصد کاربری	مساحت به هکتار	نوع کاربری
۰/۲۳	۲۷۵/۱۹	مناطق آبی (آب)
۱/۸۸	۲۲۳۶/۳۲	مرتع متراکم (فرودگاه)
۶/۰۵	۷۱۸۲/۲۹	نواحی انسان‌ساخت
۲۹/۴۱	۳۴۸۸۱/۸۱	زراعت آبی
۳۰/۷۸	۳۶۴۶۴/۴۸	دیم‌زار
۳۱/۶۵	۳۷۵۳۱/۸۱	مرتع
۱۰۰	۱۱۸۵۷۱/۹۲	جمع کل

که ضرایب صحت کلی بزرگتر از ۸۵٪ را قابل قبول عنوان کرده‌اند، نتایج حاصله از طبقه‌بندی کاربری‌ها چه از نظر تک‌تک کاربری‌ها و چه از نظر مجموع صحت و آماره کاپا از صحت قابل قبول در ارتباط با اطلاعات تولید شده برخوردار شده است.

خلاصه نتایج ماتریکس خطا، صحت کلی و ضریب کاپا در جدول ۴ ارائه شده است. طبق جدول صحت کلی ۸۷/۷٪ و ضریب کاپا نیز ۰/۸۳ به دست آمد. با توجه به صحت کلی نقشه‌ها و با استناد و مقایسه با منابعی نظیر لیل‌سند و همکاران (۱۸) و کانگلتون و گرین (۱۰)

جدول ۴. ارزیابی صحت طبقه‌بندی کاربری‌ها

کاربری‌ها	صحت تولید کننده (درصد)	صحت استفاده کننده (درصد)
مناطق آبی (آب)	۹۵٪	۹۵٪
مرتع متراکم (فرودگاه)	۸۷٪	۷۵٪
نواحی انسان‌ساخت	۷۵٪	۹۴٪
زراعت آبی	۹۳٪	۹۱٪
دیم‌زار	۸۱٪	۸۹٪
مرتع	۹۱٪	۷۱٪

صحت کلی = ۸۷/۷ ضریب کاپا = ۰/۸۳

پوشش گیاهی

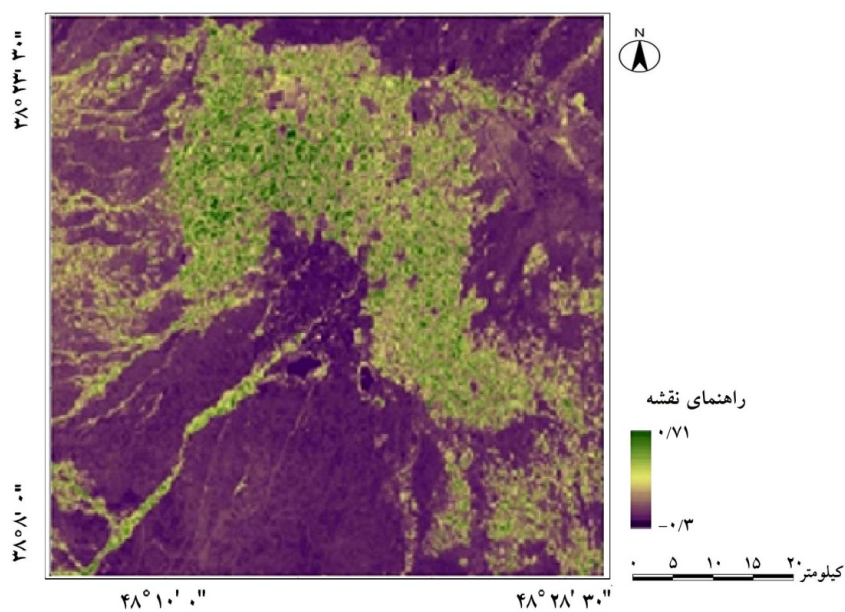
نقشه پوشش گیاهی با شاخص NDVI در شکل ۴ آورده شده است. طبق شکل دامنه تغییرات NDVI از ۰/۳- تا ۰/۷۱+ است. اگرچه از دیدگاه نظری مقدار این شاخص در محدوده ۱- و ۱+ می‌باشد ولی در عمل کمتر از ۱ و بیشتر از ۱- است. مقادیر این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سمت عدد ۱ میل می‌کند ولی نواحی آبی و دارای آب با مقادیر منفی مشخص می‌شوند (۲).

با توجه به این‌که شاخص NDVI به پوشش گیاهی سالم و زنده حساس است و پوشش گیاهی موجود از جمله مراتع در ماه مرداد اغلب خشک بوده بنابراین، انعکاس زیادی در بخش مادون قرمز ندارند و بر این اساس نقشه حاصله پوشش‌های گیاهی موجود در نواحی دارای زراعت آبی را نشان داده است.

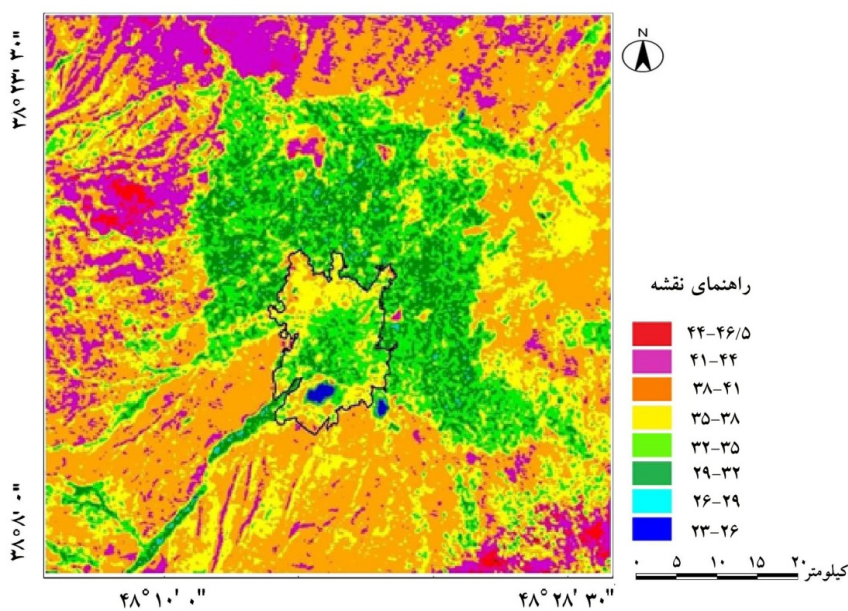
تحلیل رابطه میان دمای سطحی به دست آمده با کاربری اراضی

دمای سطحی زمین در محدوده مورد مطالعه در شکل ۵ ارائه شده است. همانطور که از نقشه تهیه شده مشخص است دمای استخراج شده در این محدوده از ۲۳ درجه تا ۴۶/۵ درجه سانتی‌گراد در نوسان است.

کمترین دمای استخراج شده مربوط به نواحی پوشیده از آب نظیر دریاچه شورابیل بوده و بیشترین دماها نیز در دو بخش جنوب شرقی و شمال غربی از سطح تصویر نقشه‌سازی شده است که مربوط به کاربری مرتع می‌باشند. مشخصات مربوط به دمای استخراج شده در رابطه با هر یک از کاربری‌ها به شرح جدول ۵ می‌باشد.



شکل ۴. نقشه پوشش گیاهی با شاخص NDVI



شکل ۵. نقشه دمای سطح زمین

جدول ۵. مشخصات آماری دمای سطحی کاربری‌ها

انحراف معیار	میانگین (C°)	دمای حداکثر (C°)	دمای حداقل (C°)	کاربری
۲/۲۱	۲۴/۶	۳۰/۱	۲۳/۱	سطوح آبی (آب)
۱/۲	۳۸/۳	۴۱/۷	۳۶/۴	مرتفع متراکم (فرودگاه)
۲/۳۴	۳۵/۶	۳۹/۹	۳۱/۸	نواحی انسان‌ساخت
۲/۴۲	۳۳/۲	۴۰/۱	۳۰/۱	زراعت آبی
۱/۳۵	۳۸/۹	۴۱/۳	۳۵/۶	دیم‌زار
۱/۵۸	۳۹/۵	۴۶/۵	۳۵/۶	مرتفع

تأثیر این عوامل و عناصر قرار می‌گیرد. کاربری مربوط به زراعت آبی در این ناحیه، بعد از مناطق آبی دارای کم‌ترین دمای سطحی می‌باشد. با توجه به اینکه محصولات زراعی کشت شده در این محدوده گیاهانی از جمله سیب‌زمینی می‌باشند و این گیاهان دارای نیاز آبی بیشتری نسبت به گیاهان دیگر از جمله گندم دارند و اغلب نیاز آبی آن‌ها به صورت هفتگی می‌باشد. بنابراین، این گیاهان در این ماه دارای سبزی‌نگی بالایی بوده و همین امر باعث شده که در محدوده تحت کشت آن‌ها تبخیر و تعرق بیشتری نسبت به سایر نواحی صورت گیرد و بالطبع در خنک نگهداشتن دمای سطحی بسیار تأثیرگذار بوده است. انحراف معیار دمایی این کاربری نسبت به سایر کاربری‌ها بالاتر است که دلیل این امر نیز ناشی از اختلاف زمانی نیاز آبی این نوع محصولات در طول هفته می‌باشد. بر این اساس با توجه به اینکه دمای سطحی بر اساس زمان اخذ تصویر در روز ساعت و روز ماه مرداد ماه ۱۳۸۹ استخراج شده بنابراین، محصولاتی که زودتر از زمان اخذ تصویر آبیاری شده‌اند دارای دمای پایین‌تری با آن‌هایی هستند که در آن روز آبیاری شده‌اند. کاربری دیم‌زار دارای دمای سطحی بالاتری نسبت به سایر کاربری‌ها به جز نواحی مرتعی می‌باشد. با توجه به این‌که محصولات دیمی محدوده مورد مطالعه اغلب گندم بوده و در این زمان از فصل بیشتر گندم‌ها رسیده و یا برداشت شده‌اند، بنابراین تبخیر و تعرق این محصولات ناچیز می‌باشد. به همین جهت این نواحی مقدار بیشتری انرژی تابشی را نسبت به سایر کاربری‌ها دریافت و نگه می‌دارند که بر اساس آن دمای سطحی آن نیز بیشتر است. انحراف معیار دمای سطحی این کاربری نسبت به سایر کاربری‌ها کمتر است زیرا که نواحی مربوط به دیم‌زارها اغلب به صورت دشت بوده و تنها در بعضی نواحی دیم رو به دامنه‌های آفتاب‌گیر قرار دارند که این امر در بالا بردن دمای سطحی آن‌ها بسیار تأثیرگذارند. کاربری مرتع همان‌طور که از سطح نقشه و هم از داده‌های آماری جدول مشخص است دارای بیشترین دمای سطحی می‌باشد. دلیل بالا بودن دمای سطحی در این کاربری به این جهت است که پوشش گیاهی کم و بعضی نواحی عاری از پوشش بوده، همچنین از طرف

اطلاعات آماری دمای استخراج شده هر یک از کاربری‌ها نشان می‌دهد که کمترین دمای سطحی در ماه مرداد در مناطق آبی می‌باشد. بدنه‌های آبی در این محدوده به دو شکل مناطق رودخانه با عمق و آب کم و به صورت دریاچه‌ای (دریاچه شورابیل) می‌باشد. با توجه به اینکه آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی می‌باشد، نواحی عمیق دارای دمای سطحی کمتری نسبت به نواحی کم‌عمق می‌باشند. بنابراین، انحراف معیار به دست آمده از دمای سطحی این کاربری با توجه به دمای استخراج شده در نواحی کم‌عمق و عمیق است. کاربری مرتع متراکم تحت عنوان فرودگاه در این محدوده، دارای کمترین انحراف دمایی است. دلیل عمده این امر می‌تواند ناشی از پوشش گیاهی یکسان موجود در سطح این کاربری و سطح سفره بالای آب زیرزمینی باشد، که سبب شده انعکاس طیفی و حرارت آن تا حدود زیادی همگن باشد. میانگین دمای حاصله در این کاربری با وجود پوشش گیاهی ناشی از فصل تصویربرداری است که اغلب پوشش‌های گیاهی در این ماه از سال خشک هستند، بنابراین تبخیر و تعرق توسط آن‌ها کم می‌باشد. کاربری نواحی انسان ساخت شامل شهر اردبیل و روستاهای حاشیه آن در این ماه از سال دارای دمای سطحی پایین‌تری نسبت به کاربری‌های مرتع، دیم‌زار و مرتع متراکم (فرودگاه) بوده است. اگرچه پیش‌بینی می‌شد این کاربری دارای بیشترین دمای سطحی باشد، اما به نظر می‌رسد به دلیل تأثیر عواملی از جمله وجود پارک‌ها، رودخانه عبوری از مرکز شهر که باعث تبخیر و تعرق شده و در خنک‌کنندگی شهر مؤثرند و همچنین عواملی دیگر از جمله سقف اغلب بام ساختمان‌ها که ایزوگام بوده و در انعکاس انرژی تابشی نقش زیادی دارند، باعث شده این کاربری دارای دمای سطحی پایین‌تری باشد. انحراف معیار دمای سطحی این کاربری نسبت به سایر کاربری‌ها به جز کاربری زراعت آبی نسبتاً بالاست و دلیل این امر نیز ناشی از آن است که محدوده شهری همان‌طور که توضیح داده شد همانند کاربری مناطق آبی و فرودگاه همگن و یکدست نیست بلکه ترکیبی از عناصر مختلف از جمله ساختمان‌ها، فضای سبز، آب، زمین‌های بایر و تحت گسترش شهری و غیره می‌باشد. بنابراین، دمای سطحی تحت

استخراج شده در محدوده مورد مطالعه تأیید شده و درست است.

ارزیابی نقشه دمای سطحی تهیه شده با داده‌های زمینی

مقادیر دمایی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های هواشناسی در ساعت ۰۶ به وقت گرینویچ و دمای سطحی محاسبه شده از تصویر و همچنین دمای هوای محاسبه شده از تصویر در جدول ۶ نشان داده شده است. مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های زمینی تا حدود زیادی نزدیک به هم و یکسان اندازه‌گیری شده‌اند، ولی در سطح نقشه تفاوت دمایی در ایستگاه‌ها به وضوح مشاهده می‌شود. این مطلب بیانگر آن است که دمای سطحی متأثر از ویژگی‌ها و خصوصیات زمین در هر محدوده‌ای از سطح زمین بسته به شرایط محیطی متفاوت و متغیر است.

دیگر با توجه به زمان و ماه (مرداد) اغلب پوشش‌های گیاهی مرتعی خشک شده و تبخیر و تعرق توسط آن‌ها صورت نمی‌گیرد. بر این اساس این نواحی همانند نواحی بایر در مقابل انرژی تابشی رفتار نموده، به طوری که نسبت به سایر کاربری‌ها انرژی بیشتری را دریافت و در خود ذخیره می‌کند. در نواحی که دامنه مرتعی رو به آفتاب هستند و پوشش گیاهی غیرمترکم است، دمای سطحی بیشینه حاکم می‌باشد. امیری (۱)، در تحقیقی مشابه در شهر تبریز، به بررسی تغییرات فضایی- زمانی حرارت در ارتباط با کاربری/پوشش زمین پرداخت. در این تحقیق پس از استخراج دمای سطحی و تهیه نقشه کاربری در هفت کلاس کشاورزی، پارک، راه، صنعتی، مسکونی، بایر و آب، به تحلیل رابطه میان آن‌ها پرداخته شد که نتایج نشان داد کلاس بایر بیشترین و کلاس آب کمترین دمای سطحی را به خود اختصاص دادند. با توجه به موقعیت شهر تبریز و اردبیل که از لحاظ اقلیمی و توپوگرافی مشابهت تقریباً زیادی با هم دارند، می‌توان گفت که صحت نقشه دمایی

جدول ۶. مقایسه دمای هوای اندازه‌گیری شده، دمای سطحی محاسبه شده و دمای هوای محاسبه شده

ایستگاه هواشناسی	دمای هوای اندازه‌گیری شده در ایستگاه هواشناسی (Ta)	دمای سطحی محاسبه شده از تصویر (Ts)	دمای هوای محاسبه شده از تصویر (Tst)*
اردبیل	۲۵/۴	۳۳/۱	۲۹/۱
فرودگاه	۲۵/۱	۳۸/۱	۳۱/۳
نمین	۲۴/۸	۳۷/۷	۳۱/۱
سرعین	۲۴/۴	۴۰/۱	۳۲/۲

* دمای محاسبه شده با استفاده از رابطه ۱۱

(۷)

نتایج آزمون همبستگی بین دمای سطحی تصویر TM و دمای هوای ایستگاه‌های هواشناسی در ساعت ۰۶ و همچنین دمای هوای محاسبه شده و ایستگاه‌های موجود، صحت رابطه ۹ برای تبدیل داده‌های سطح زمین به دمای هوا تأیید شد، زیرا میزان همبستگی بین داده‌های سطح زمین و ایستگاه‌های هواشناسی، از ۰/۷۹ به ۰/۹۹ در داده‌های تبدیل شده سطح زمین (Tst) و داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی رسید (جدول

جدول ۷. مدل‌های رگرسیونی دمای سطحی و دمای هوای

مدل رگرسیونی	R ²
Ta = ۲۹/۷۴ - ۰/۲۱ × Ts	۰/۷۹
Ta = ۳۳/۹۲ - ۰/۲۹ × Ts	۰/۹۹

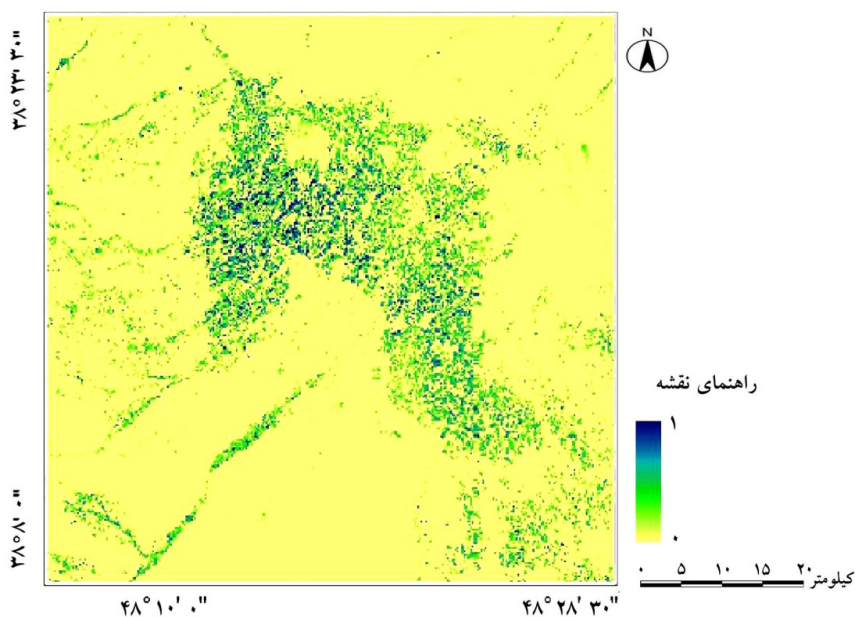
نیز نواحی بدون پوشش گیاهی را شامل می‌شود. با توجه به اینکه مدل پیکسل Dimidiate فرض را بر وجود نواحی دارای پوشش گیاهی خالص و نواحی بدون پوشش گیاهی (خاک) بنا می‌گذارد. بیشترین مقدار پوشش گیاهی مربوط به نواحی زراعت آبی بوده و با توجه به تبخیر و تعرق صورت گرفته توسط آنها، دمای سطحی نیز نسبت به نواحی فاقد پوشش گیاهی بیشتر است.

در نواحی فاقد پوشش گیاهی، دمای سطحی با در نظر گرفتن عوامل مؤثر دیگر از جمله جهت شیب، زاویه تابش و غیره دمای سطحی بالاتری دارند که دلیل آن نفوذناپذیری سطح، قدرت جذب بیشتر دما توسط خاک نسبت به نواحی دارای پوشش گیاهی، عدم تبخیر و تعرق می‌باشد.

شکیبا و همکاران (۳)، در تحقیقی مشابه در شهر تهران، برای ارزیابی دقت مدل در استخراج دما از مدل پیشنهادی خطی گارسیا در محدوده مورد مطالعه استفاده نمودند. نتایج تحقیق آنها نشان داد میزان همبستگی میان داده‌های سطح زمین و ایستگاه‌های هواشناسی، از ۰/۸۰ به ۰/۹۸ در داده‌های تبدیل شده سطح زمین (Tst) و داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی رسید.

تحلیل رابطه میان دمای سطحی به دست آمده با NDVI و کسر پوشش گیاهی

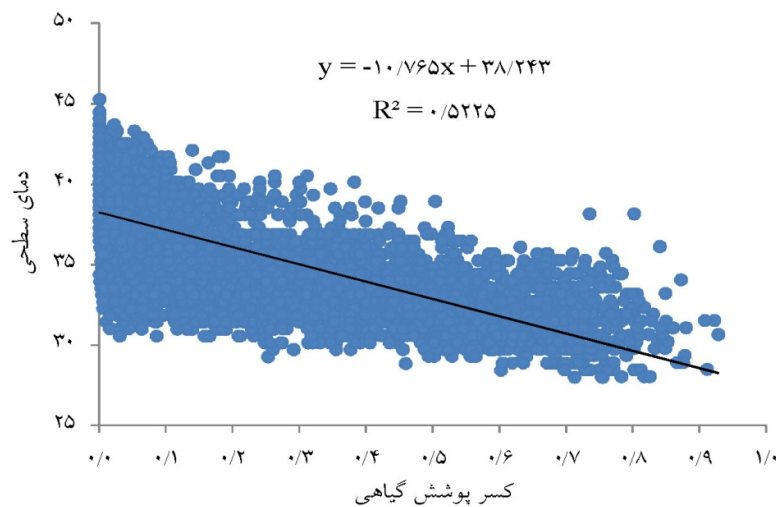
نقشه کسر پوشش گیاهی که با استفاده از نقشه‌ی NDVI و مدل پیکسل Dimidiate تهیه گردید (شکل ۶) نشان داد تقریباً ۰/۲۹ از کل محدوده دارای پوشش گیاهی بوده و ۰/۷۱



شکل ۶. نقشه کسر پوشش گیاهی

که حاکی از یک رابطه منفی بین پوشش گیاهی و دمای سطحی بود (شکل ۷).

برای ارزیابی رابطه دمای سطحی با پوشش گیاهی از تعدادی نقاط نمونه به صورت تصادفی استفاده شد و با توجه به مقادیر به دست آمده از آنها، رابطه رگرسیونی به دست آمد



شکل ۷. رابطه کسر پوشش گیاهی با دمای سطحی

پوشش-کاربری زمین نشان داده است. با توجه به جدول زیر، به جز کلاس مناطق آبی که با دمای سطحی دارای همبستگی مثبت هستند سایر کلاس‌ها همبستگی منفی با دمای سطحی دارند. شدیدترین وابستگی منفی بین دمای سطحی با مقادیر NDVI و کسر پوشش گیاهی کلاس زراعت آبی (-۰/۲۳) مشاهده می‌شود که دلیل آن پوشش گیاهی متراکم موجود در آن کاربری می‌باشد. با مقایسه میان مقادیر دمای سطحی (جدول ۵) و مقادیر همبستگی آورده شده در جدول ۸، می‌توان گفت که برای کلاس‌های پوشش/کاربری زمین که در آن‌ها میانگین در دمای سطحی بالاتر است، همبستگی میان دمای سطحی و شاخص‌های پوشش گیاهی کمتر می‌باشند (ضریب همبستگی منفی پایین)، که این امر بیانگر تراکم پوشش گیاهی کم در این کلاس‌ها است.

با توجه به این که دمای سطحی از عوامل موجود در زمین متأثر است، بنابراین در نواحی که تجمع پوشش گیاهی وجود دارد و تبخیر و تعرق صورت می‌گیرد طبیعی است که دمای سطحی کمتری نسبت به جاهایی که عاری از پوشش گیاهی هستند و یا دارای پوشش گیاهی کمتری هستند، داشته باشند. ملک‌پور و همکاران (۵)، در تحقیقی ارتباط بین درجه حرارت سطحی با NDVI و مقادیر کسر فراوانی پوشش گیاهی در شهر تهران را مورد بررسی قرار دادند که نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد برای تمامی انواع پوشش-کاربری زمین (به جز کلاس آب) مقادیر NDVI و کسر پوشش گیاهی دارای وابستگی منفی درجه حرارت سطحی می‌باشند. جدول ۸ میزان وابستگی بین دمای سطحی و پارامترهای پوشش گیاهی (NDVI و کسر پوشش گیاهی) را برای انواع کلاس‌های

جدول ۸. ضریب همبستگی میان دمای سطحی (LST) با شاخص NDVI و کسر پوشش گیاهی (fc) کاربری

پوشش/کاربری زمین	تعداد پیکسل‌های نمونه‌برداری شده	ضریب همبستگی LST و NDVI	ضریب همبستگی LST و fc
مناطق آبی	۱۲۸	۰/۲۴	-
مرتع متراکم (فرودگاه)	۹۳۴	- ۰/۱۳	- ۰/۰۸
نواحی انسان‌ساخت	۲۸۰۷	- ۰/۰۹	- ۰/۰۲
زراعت آبی	۱۳۲۸۵	- ۰/۲۳	- ۰/۲۳
دیم‌زار	۱۲۶۷۱	- ۰/۱۴	- ۰/۰۸
مرتع	۱۳۹۷۸	- ۰/۰۹	- ۰/۰۷

- مناطق خشک، (۴): ۱-۱۶.
۳. شکیب، ع. پ. ضیائیان فیروزآبادی، د. عاشورلو و س. نامداری. ۱۳۸۸. تحلیل رابطه کاربری و پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از داده‌های ETM⁺. سنسجش از دور و GIS ایران، ۱(۱): ۳۹-۵۶.
۴. علوی‌پناه، ک. ۱۳۸۶. سنسجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ دوم. ۴۵۳ صفحه.
۵. ملک‌پور، پ. م. طالعی، ی. رضائی و م. خوش‌گفتار. ۱۳۸۹. بررسی درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس‌های پوشش- کاربری زمین شهری با استفاده از داده‌ی سنسجده ETM⁺ (مطالعه موردی: شهر تهران). همایش ملی ژئوماتیک، سازمان نقشه‌برداری کشور، ۱۹ الی ۲۰ اردیبهشت ماه. تهران. ۱۲-۱۷.
6. Bhattacharya B, Dadhwal V. 2003. Retrieval and validation of land surface temperature (LST) from NOAA AVHRR thermal images of Gujarat, India. *International Journal of Remote Sensing*, 24(6): 1197-1206.
7. Cao L, Li P, Zhang L, Chen T. 2008. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and vegetation fraction. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37: 1379-1384.
8. Chander G, Markham BL, Helder DL. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment*, 113(5): 893-903.
9. 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.
10. Congalton RG and K, Green. 2009. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 137 p.
11. Dash P, Göttsche F-M, Olesen F-S, Fischer H. 2002. Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: theory and practice-current trends. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13): 2563-2594.
12. García-Cueto O, Jauregui-Ostos E, Toudert D, Tejada-Martinez A. 2007. Detection of the urban heat island in Mexicali, BC, México and its relationship with land use. *Atmósfera*, 20(2): 111-131.
13. Landsat 7 Science Data Users Handbook. 2010.

بررسی دمای سطحی از جمله پارامترهای مهم در مطالعات مربوط به زمین و شهرهاست که به دلیل تأثیر آن در روند زندگی انسان همواره مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. نتایج به دست آمده در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که دمای سطحی در هر محدوده‌ای از زمین متأثر از عوامل سطحی و خصوصیات آن می‌باشد. همان طور که از نقشه دمای سطحی (شکل ۵) و اطلاعات آماری در جدول ۷ مشخص است، بیشترین دمای سطحی در این محدوده به نواحی بیرون شهر اردبیل مربوط می‌شوند، جاهایی که سطح زمین دارای کمترین پوشش گیاهی هستند و خاک‌های سطحی نیز حاکمیت دارند.

مشخص است که در این نواحی با توجه به ماه مرداد که پوشش‌های گیاهی خشک هستند و تبخیر و تعرق توسط آن‌ها کم صورت می‌گیرد که این عامل موجب خنک شدن محدوده می‌شود، اتفاق نمی‌افتد و همچنین وجود خاک‌های سطحی موجب شده که جذب تابش الکترومغناطیسی زیادی صورت بگیرد. در محدوده شهر اردبیل نیز همین امر صادق است که جاهایی که سطح زمین به صورت بایر هستند اغلب در نواحی حاشیه‌ای شهر قرار دارند، سطح زمین گرم‌تر از سایر کاربری‌های دیگر در سطح شهر هستند. بر این اساس کاربری دیم در محدوده مورد مطالعه نسبت به سایر کاربری‌ها دارای بیشترین دمای سطحی است که دلیل این امر نیز وجود خاک سطحی و خشک بودن پوشش گیاهی و یا کم بودن مقادیر پوشش گیاهی است.

منابع مورد استفاده

۱. امیری، ر. ۱۳۸۶. 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. محیط شناسی، ۳۳(۴۳): ۱۰۷-۱۲۰.
۲. باعقیده، م. ب. علیجانی و پ. ضیائیان. ۱۳۹۰. بررسی امکان استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI در تحلیل خشکسالی‌های استان اصفهان. مطالعات جغرافیایی

- comparative study of land surface emissivity retrieval from NOAA data. *Remote Sensing of Environment*, 75(2): 256-266.
20. Sobrino JA, Jiménez-Muñoz JC, Paolini L. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4): 434-440.
 21. Tursilowati L, Tetuko Sri Sumantyo J, Kuze H, Adiningsih ES. 2012. Relationship between urban heat island phenomenon and land use/land cover changes in Jakarta-Indonesia. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, 3(4): 645-653.
 22. Weng Q, Liu H, Lu D. 2007. Assessing the effects of land use and land cover patterns on thermal conditions using landscape metrics in city of Indianapolis, United States. *Urban Ecosystems*, 10(2): 203-219.
 23. Zhang Y, Yu T, Gu X, Zhang Y-x, Chen L, Yu S, Zhang W, Li X. 2006. Land surface temperature retrieval from CBERS-02 IRMSS thermal infrared data and its applications in quantitative analysis of urban heat island effect. *Journal of Remote Sensing-Beijing-*, 10(5): 789-803.
- Available from <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/>. 186p.
14. Lijuan H, Wang P, Yang H, Liu S, Wang J. 2006. Study on NDVI-T s space by combining LAI and evapotranspiration. *Science in China Series D*, 49 (7): 747-754.
 15. Lillesand T, Kiefer, RW and Chipman J. 2008. *Remote sensing and Image Interpretation*, New York: John Wiley & Sons, Inc., 6th Ed, 812p.
 16. Lu D, Weng Q. 2004. Spectral mixture analysis of the urban landscape in Indianapolis with Landsat ETM⁺ imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70(9): 1053-1062.
 17. Nakamura M, Hirano Y, Ochi S, Yasuoka Y. 2002. Characterization of urban heat radiation flux using remote sensing imagery. *Yasuoka Laboratory Institute of Industrial Science University of Tokyo*, 380 p.
 18. Nichol J. 1998. Visualisation of urban surface temperatures derived from satellite images. *International Journal of Remote Sensing*, 19(9): 1639-1649.
 19. Sobrino J, Raissouni N, Li Z-L. 2001. A



Evaluation of surface temperature in relation to land use/cover using remote sensing data

B. Ahmadi¹, A. Ghorbani^{2*}, T. Safarrad³, B. Sobhani⁴

1. MSc. Student of Remote sensing and Geographic Information System, University of Mohaghegh Ardabili, Iran
2. Assoc. Prof. University of Mohaghegh Ardabili, Iran
3. PhD. Students of Climatology, University of Tehran, Iran
4. Assoc. Prof. University of Mohaghegh Ardabili, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received 29 May 2014

Accepted 8 January 2014

Available online 10 June 2015

Keywords:

Surface temperature

Dimidiate model

Land use

Normalized difference vegetation index

Vegetation fraction

Ardabil

ABSTRACT

This study aimed to evaluate land surface temperature in relation to vegetation and urban land use using remote sensing data within the city of Ardabil and urban margin of up to 15km radius, using 2010 Landsat TM image, after preprocessing, such as data preparation, radiometric and geometric correction, which was performed using ENVI[®]4.7 software. Then for measuring the surface temperature, the thermal band of an image using relevant equations for converting digital numbers to radiance and radiance to brightness temperature was used. In the next step for calculating emissivity the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) index was used and finally land use map in six classes using supervised classification method were extracted from the image. For extracting the vegetation fraction the Dimidiate model was used. To assess the accuracy of surface temperature extracted from the image, hourly data from 4 weather stations was used and to reconcile these data with each other, a simple regression equation was used. Results show that the coefficient of relationship between land surface temperature (derived from the image) and air temperature recorded at the stations was 0.79 and the correlation between recorded air temperature of stations and derived air temperature from the image was obtained 0.99.

* Corresponding author e-mail address: a_ghorbani@uma.ac.ir

