نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال نوزدهم، شماره ۵۳، تابستان ۹۸

پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری‌اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و +ETM مطالعه موردی: (شهرستان اردبیل)

دریافت مقاله: ۹۷/۱/۱۲ **پذیرش نهایی:** ۹۷/۵/۲۶
صفحات: ۲۱۵-۱۹۵

صیاد اصغری سراسکانرود: دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران[۱].
Email: s.asghari@uma.ac.ir
هادی امامی: دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی سینوپتیک دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.
Email: hadiemami0221@gmail.com

چکیده

هدف اصلی از این تحقیق پایش دمای سطح زمین و رابطه‌ی آن با کاربری اراضی می‌باشد که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پایش شده است. به همین منظور ابتدا تصاویر مربوطه اخذ شد و پیش پردازش‌های لازم بر روی هرکدام اعمال شد. سپس نسبت به مدل‌سازی و طبقه‌بندی تصاویر اقدام شد. ابتدا به منظور بررسی تغییرات کاربری‌اراضی، نقشه طبقه‌بندی شده کاربری‌اراضی برای هردوسال با استفاده از روش شیءگرا استخراج شد و سپس به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی نقشه تغییرات کاربری‌اراضی در یک بازه زمانی۱۸ ساله(۲۰۰۰-۲۰۱۷) استخراج شد. درنهایت به منظور پایش دمای سطح زمین نقشه دمای سطحی شهرستان اردبیل استخراج شد. نتایج نشان داد که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد. به این صورت که کاربری همچون کاربری شهری، دارای دمائی حدود ۴۱ درجه سانتیگراد(۲۰۱۷) می‌باشد که به دلیل جاذب حرارت بودن عوارض شهری دارای دمای بیشتری نیز می‌باشد. این درحالی است که کاربری مناطق آبی به دلیل جذب کمتر حرارت دارای دمای ۳۴ درجه سانتیگراد(۲۰۱۷) می‌باشد. این موضوع نقش کاربری‌های مختلف را در تعیین دمای سطحی نشان می‌دهد. همچنین در این پژوهش رابطه دمای سطحی با پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که نواحی همچون خاک و شهری که دارای پوشش‌گیاهی کمتری نسبت به نواحی همچون کشاورزی و مرتع می‌باشند، دارای دمای بیشتری نیز می‌باشند. زیرا پوشش‌گیاهی همواره به صورت مانع برای ورود حرارت بوده است و رابطه معکوس با حرارت سطحی دارد.

کلید واژگان: دمای سطح زمین، کاربری اراضی، طبقه‌بندی، تصاویر لندست، تغییرات کار.

۱. **نویسنده مسئول**: اردبیل، بلوار دانشگاه، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا ۰۹۱۴۷۸۲۰۲۲۱

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

مقدمه

انتظار می‌رود که رشد شهرنشینی و گسترش سریع وابسته به آن در مناطق توسعه یافته تا قرن بیست‌ویکم با سرعت بیشتری در کشورهای در حال توسعه ادامه یابد، این عامل پتانسیل ایجاد جزایر حرارتی و پریشانی‌های ناشی از گرما را در مناطق شهری افزایش می‌دهد(موسی و همکاران،۲۰۱۸؛ ۱۱۲). گسترش سریع شهرها به دلیل تغییرات گسترده در کاربری و پوشش‌زمین تاثیرات منفی بر کیفیت زیست محیطی جهانی داشته، از جمله کیفیت هوا، افزایش دما و تغییرات چشم‌انداز و همچنین تبدیل زمین‌های کشاورزی که منجر به از بین رفتن تنوع زیستی می‌شود(ابوطالب و همکاران، ۲۰۱۵؛ ۳۶). حرارت سطح زمین[1] شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و فعل وانفعالات بین زمین و جو در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است(مرادی و همکاران،۱۳۹۵؛۵۲۰). دمای سطح زمین یکی از مهمترین پارامترهای مؤثر در مطالعات جهانی به حساب می‌آید که فاکتوری مهم در کنترل فرآیندهای بیولوژیکی، شیمی و فیزیکی زمین می‌باشد(علوی‌پناه، ۱۳۸۸؛ ۲۸۸). به طورکلی اندازه‌گیری دما در سطح زمین، توسط ایستگاه‌های هواشناسی، اعم از سینوپتیک و کیلماتولوژی انجام می‌شود. این نکته را نیز باید مدنظر قرار داد که ایستگاه‌های هواشناسی فقط قادر به اندازه‌گیری دما در نقاط خاصی می‌باشند که قبلاً در آنجا نصب شده‌اند. آنچه بهعنوان یک نقص اساسی در پایش دمای سطح زمین به شمار می‌آید، نبود ایستگاه‌های هواشناسی کافی جهت آگاهی از مقادیر دمایی در نقاط فاقد ایستگاه است که امروزه توسط تکنولوژی سنجش از دور تا حدی این کمبودها برطرف شده است(خسروی و همکاران، ۱۳۹۶؛ ۱۱۴). دمای سطح زمین یک متغیر کلیدی در آنالیز و مدل‌سازی بیلان انرژی سطح، رطوبت سطحی و تبخیر وتعرق و مطالعات تغییر اقلیم در مقیاس های گوناگون است(ونگ و همکاران، ۲۰۰۲ ؛۱۶۳).

واژه جزیره حرارتی اولین بار حدود یک قرن قبل و در سال ۱۸۳۳ توسط هاوارد مطرح شد. پس از آن پژوهش‌های متعددی در شهرهای بزرگ و صنعتی جهان انجام گرفت که بیانگر این است که شهرنشیی موجب ایجاد تغییرات قابل ملاحظه بر روی پارامترهای هواشناسی و ویژگی‌های سطح زمین شده و به تبع، تغییرات زیادی در وضع هوا و اقلیم محلی به وجود آورده است(موسوی بایگی و همکاران،۱۳۹۱؛ ۳۵). افزایش دمای سطح زمین و شکل‌گیری جزایر حرارتی در مناطقی که بدون برنامه‌ریزی قبلی به شهر یا کلان‌شهر تبدیل شده‌اند، یکی از مشکلات زیست محیطی اساسی است(علوی‌پناه و همکاران، ۱۳۹۳). از روش‌های مطالعه دمای سطح زمین، روش‌های نوین سنجش‌از دوری می‌باشند. مطالعات نشان می‌دهد که نقش سنجش‌از دور حرارتی در مطالعه و برآورد دمای سطح زمین بسیار حائز اهمییت می‌باشد. داده‌های سنجش از دور حرارتی امکان بررسی و تخمین دمای سطح زمین و همچنین جزایر حرارتی را فراهم می‌کند. از بین داده‌های حرارتی سنجش از دور، تصاویر ماهواره‌ای جایگاه خاصی دارند و تصاویری همچون تصاویر لندست، استر، مودیس و... در برآورد دمای سطح زمین به دلیل داشتن باندهای حرارتی می‌توانند مفید واقع شوند(حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹۲؛۳۳).

در این تحقیق به منظور بررسی دمای سطح شهرستان اردبیل در یک بازه زمانی ۱۸ ساله، از تصاویر لندست۸ برای سال ۲۰۱۷ و تصاویر لندست۷ برای سال ۲۰۰۰ استفاده شد. همچنین پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که

[1]. Land Surface Temperature

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

تصاویر ماهواره‌ای در برآورد دمای سطح زمین بسیار موثر بوده و به دلیل در برداشتن هزینه‌های کمتر، صرفه‌جویی در وقت و بسیاری موارد دیگر مورد توجه قرار دارد و در عین حال تغییرات کاربری‌اراضی نیز در این امر و تغییرات دمایی بسیار موثر و قابل توجه بوده است. احمدی و همکاران(۱۳۹۴) در مقاله‌ای با عنوان بررسی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور در شهرستان اردبیل پرداختند و نتایج نشان داد که دمای سطحی در هر محدوده‌ای از زمین متاثر از عوامل سطحی و خصوصیات آن می‌باشد و بیشترین دمای سطحی در محدوده مورد نظر مربوط به مکان‌هایی است که کمترین پوشش‌گیاهی را دارا می‌باشند. ولیزاده و همکاران(۱۳۹۶) در مقاله‌ای با هدف بررسی دمای سطح زمین در شهرستان زنجان با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا پرداختند نتایج این پژوهش نشان داد که برمبنای داده های آماری به دست آمده ارتباط مناسب بین کاربری سطح زمین و حرارت سطح زمین وجود دارد بطوریکه، در مناطق نظامی و صنعتی شهر ، به دلیل وجودکاربری‌ها و عواملی مانند سطوح غیر قابل نفوذ مانند آسفالت، بتن، پوشش گیاهی کم، گرمای ناشی از سوخت‌های فسیلی و افزایش آلودگی در این نواحی باعث ایجاد جزایر حرارتی شده است. احمدی و همکاران(۱۳۹۱)، در مقاله‌ای با عنوان تغییرات زمانی-مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده[۱]TM و [۲]ETM پرداختند نتایج این پژوهش نشان داد که سطوح بایرخاکی فاقد پوشش گیاهی حاشیه شهر بیشترین دما را دارند و درکاربری شهری نیز دمای بافت‌های فشرده بیشترین دما را دارا می‌باشند. ولیزاده و همکاران(۱۳۹۳) در مطالعه‌ای به بازیابی دمای سطح زمین با استفاده از سنجنده [۳]TIRS ماهواره لندست۸ پرداختند. آن‌ها در این تحقیق به مقایسه بین روش سبال و پنجره مجزا پرداختند و نتایج نشان داد که وارونگی دمای سطح زمین در روش پنجره مجزا، با RMSE کمتر از ۰/۱۷ سانتیگراد می‌باشد و این روش مناسب‌تر از روش سبال برای مطالعه دمای سطح زمین می‌باشد. عقیلی‌نسب و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی تحت عنوان "تحلیل جزایر حرارتی شهری با استفاده از سنجش از دور و رابطه آن با توسعه دوست‌دار محیط‌زیست"و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای‌لندست جهت استخراج دمای سطح زمین، [۴]NDVI و کسرگیاهی و همچنین محاسبه نهایی دمای سطح زمین، به دو روش دمای اصلاح شده سطح زمین و الگوریتم تک پنجره اقدام کردند. همچنین به تخمین فراوانی گیاهی با استفاده از آنالیز خطی ترکیب طیفی(LSMA) پرداختند نتایج حاصل نشان داد که تحلیل خطی ترکیب طیفی، در تفکیک و طبقه‌بندی کاربری‌های اراضی‌شهری و مقایسه بین کاربری‌ها و همچنین تصویر کسر گیاهی نیز جهت بررسی ارتباط دمای سطح زمین و فراوانی پوشش گیاهی کاربرد دارد. زانا و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی روابط بین دمای سطح شهر، نسبت پوشش زمین و تراکم حجم ساخت و ساز، از داده های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ سنجنده +ETM استفاده کردند و نتایج نشان داد که یک ارتباط قوی بین دمای سطح زمین و پوشش‌زمین وجود دارد اما رابطه بین ساخت‌وساز و دمای سطح

1. Thematic mapper
2 . Enhanced Thematic Mapper Plus
3. Thermal Infrared Sensor
4. Normalized difference vegetation index

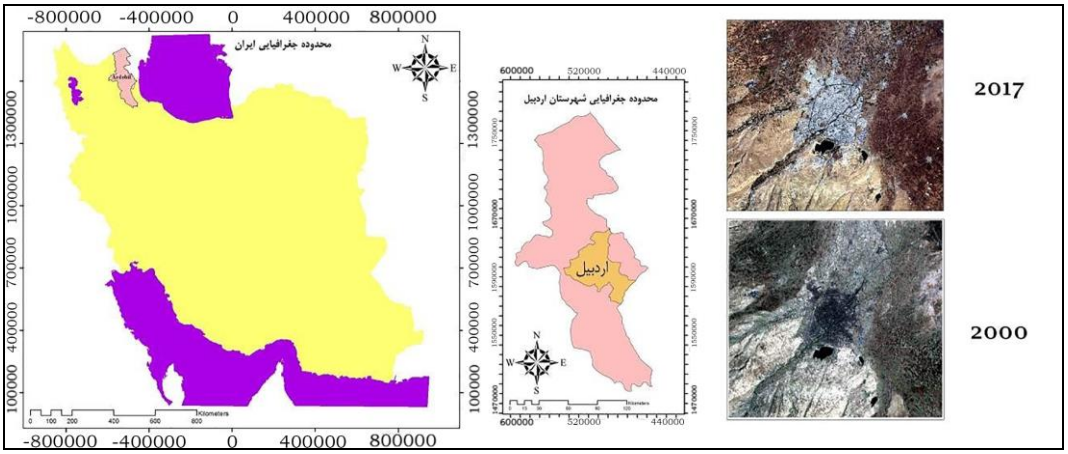
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

زمین مستقیم نیست. راجشواری و همکاران(۲۰۱۴) در مطالعه‌ای به برآورد دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تصاویر لندست-۸ پرداختند و صحت این روش را مورد ارزیابی قرار دادند.

بنابرین با توجه به اهمیت موضوع و تحقیقاتی که سایر محققین انجام داده‌اند در این تحقیق نیز هدف، بررسی تغییرات دمای سطح شهرستان اردبیل در یک بازه زمانی ۱۸ ساله و مقایسه نتایج به دست آمده با تغییرات کاربری اراضی می‌باشد تا مشخص شود که کاربری اراضی تا چه اندازه در دمای سطح موثر می‌باشد. به منظور رسیدن به این هدف ابتدا طبقه بندی تصاویر مربوطه به روش شیءگرا انجام شد و سپس به منظور استخراج دمای سطحی به برآورد دمای روشنایی و قابلیت انتشار و کسر پوشش گیاهی اقدام شد و بعد از به دست آوردن دمای سطحی به بررسی رابطه دمای سطحی با هریک از کاربری ها پرداخته شد و در نهایت به ارزیابی نتایج با داده های زمینی پرداخته شد .

روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه، شهر اردبیل و حاشیه آن به شعاع ۱۵ کیلومتری(دشت اردبیل) می‌باشد که در محدوده ″38°6′32 تا ″۳۸°۲۶′۳ شرقی و ″۴۸°۳′۲۷ تا ″۴۸°۲۹′۲۶ قرارگرفته است. استان اردبیل به دلیل تنوع ناهمواری‌ها و همچنین تنوع عوامل مؤثر در اقلیم منطقه، آب‌وهوای متنوعی دارد .از یک سو کوهستانی بودن منطقه، جهت رشته کوه‌ها، اختلاف‌ارتفاع و عرض‌جغرافیایی و وجود دریای خزر عوامل محلی آب‌وهوای استان محسوب می‌شوند و از سوی دیگر جریانات هوایی مدیترانه‌ای، اروپای شمالی و آسیای مرکزی عوامل فرامحلی مؤثر در آب‌وهوای استان به شمار می‌آیند(احمدی و همکاران، ۱۳۹۴). شکل(۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه رو نمایش می‌دهد.



شکل(۱). محدوده منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

داده های مورد استفاده در این تحقیق شامل، تصویر ماهواره لندست۸ که از سنجنده OLI[1] آن به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی و از سنجنده TIRS آن به منظور استخراج دمای سطح زمین برای سال ۲۰۱۷ استفاده شد و همچنین از تصویر سنجنده ETM+ لندست به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از باندهای مرئی و مادون قرمز و دمای سطح با استفاده از باندهای حرارتی برای سال ۲۰۰۰ استفاده شد. همچنین به منظور بررسی دمای ثبت شده توسط ایستگاه‌ها، از داده‌های هواشناسی شهرستان استفاده شد. تصاویر در فصل تابستان به منظور نبود پوشش‌های ابری و برفی بالا و همچنین بالا بودن شدت تابش نور خورشید اخذ شد و همچنین به منظور به دست آوردن دقت بهتر از نرم افزار Google Earth استفاده شد. به منظور تصحیحات جوی و رادیومتریکی از نرم افزار ENVI 5.3 و به منظور استخراج نقشه‌های مربوطه از نرم افزار ARC GIS 10.5 استفاده شد. اطلاعات تصاویر اخذ شده از سایت زمین شناسی آمریکا در جدول(۱) اخذ شد. بعد از اخذ تصاویر و انجام تصحیحات مربوطه بر روی تصاویر مورد نظر، به منظور به دست یافتن به نتایج مدنظر، مراحل زیر طی شد.

جدول (۱). اطلاعات تصاویر سنجنده لندست۷ و۸. منبع: متادیتا تصاویر

اطلاعات تصاویر مربوط به سال ۲۰۱۷،۲۰۰۰ ماهواره لندست (محدوده شهرستان اردبیل)						
نوع سنجنده	ستون	سطر	درصد پوشش ابر	زاویه خورشید	زمان(گرینویچ)	تاریخ
لندست-۸	۱۶۷	۰۳۳	۰,۰۰۰۰	۱۵۰,۳۶۶۹۵	۷:۲۵:۵۸	۲۰۱۷/۰۹/۱۶
لندست-۷	۱۶۷	۰۳۳	۰,۰۰۰۰	۱۲۹,۵۴۰۵۵۱	۰۷:۱۴:۳۴	۲۰۰۰/۰۵/۱۳

قطعه‌بندی[2]

قطعه‌بندی یک تصویر بر تفکیک و جداسازی تصویر به نواحی مختلف بطوری که پیکسل‌های هر ناحیه دارای یک ویژگی خاص که می‌تواند متعلق به یک شیء[3]مشترک باشد دلالت دارد. در روش طبقه‌بندی شیءگرا، اطلاعات طیفی با اطلاعات مکانی ادغام گردیده و پیکسل‌ها بر اساس شکل، بافت و تن خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص، قطعه‌بندی شده و طبقه‌بندی تصویر بر اساس این قطعه‌ها انجام می‌شود. قبل از انجام طبقه‌بندی به روش شیءگرا لازم است که فرآیند تقسیم‌بندی تصویر صورت پذیرد. این تقسیم‌بندی بر اساس شکل پدیده، بافت و تن‌هایی که هر یک از مقادیرها دارا می‌باشند انجام می‌پذیرد(فیضی‌زاده و حاجی میررحیمی، ۱۳۸۷).

شاخص NDVI[4]

این شاخص طیفی برای مطالعه پوشش گیاهی از جهت میزان کلروفیل موجود در آن طراحی شده است .هرچه میزان کلروفیل موجود در گیاه بیشتر باشد به همان میزان شاخص NDVI افزایش پیدا می‌کند بازه مقادیر در

۱. Operational Land Imager

2. Segmentation
3. Object
4. Normalized Difference Vegetation Index

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

شاخص NDVI بین منفی یک تا مثبت یک متغیر است .عموما مقادیر کمتر از صفر به عنوان نواحی مرطوب و آب در نظر گرفته می‌شوند .مقادیر بین ۰ تا ۰/۳ نیز پوشش‌های خاک و مراتع را شامل می‌شوند .مقادیر بیشتر از ۰/۳ نیز نشان دهنده پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه است. در این پژوهش به منظور به دست‌آوردن دقت بالاتر در طبقه‌بندی از این شاخص به عنوان یکی از پارامترها استفاده شد این شاخص با استفاده از رابطه (۱) به دست می‌آید.

$$NDVI= (B_{NIR}-B_{RED})/ (B_{NIR}+B_{RED})$$ رابطه (۱)

در رابطه(۱) BNIR باند مادون قرمز نزدیک و BRED باند قرمز میباشد(ناسا، ۲۰۰۰).

پس از آزمودن خطاها در سگمنت‌بندی تصویر، سگمنت‌بندی بر اساس شکل و بافت مناسب انتخاب شد و پارامترهای مناسب نظیر بافت، هندسه، شکل، الگو و میانگین و انحراف معیار باندها همراه با شاخص NDVI به عنوان پارامترهای طبقه‌بندی لحاظ شدند. در نهایت طبقه‌بندی در ۶ کلاس(کشاورزی۱و۲، آب، مرتع، خاک و شهری) برای سال ۲۰۰۰ و ۷کلاس(کشاورزی۱و۲، آب، مرتع، خاک، شهری و خطواارتباطی) برای سال ۲۰۱۷ انتخاب شدند. دلیل تفاوت کلاس‌ها در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ در نوع سنجنده مورد استفاده و قدرت تفکیک رادیومتریکی هرکدام از سنجنده‌ها می‌باشد. به این مفهوم که سنجنده +ETM ماهواره لندست دارای توان تفکیک رادیومتریکی ۸ بیت بوده و در مقابل سنجنده OLI ماهواره لندست دارای توان تفکیک ۱۲ بیتی می‌باشد(Jensen، 2015). سنجنده OLI به دلیل بالا بودن توان تفکیک رادیومتریکی بهتر و گویاتر خطوط ارتباطی را آشکار کرده و این باعث شد تا نگارندگان این کلاس را نیز در طبقه‌بندی لحاظ کنند در حالی که در تصویر سال ۲۰۰۰ خطوط ارتباطی به صورت گویا مشخص نبوده و امکان در نظر گرفتن به عنوان یک کلاس وجود نداشت.

استخراج دمای سطح زمین

درجه حرارت سطح زمین می‌تواند اطلاعات مفیدی در رابطه با خصوصیات فیزیکی زمین و اقلیم که نقش بسزایی در فرایندهای محیط زیستی بازی می‌کنند فراهم نماید(لو و ونگ، ۲۰۰۴). دمای سطح‌زمین به عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت آب‌وهواست(میریعقوب زاده و قنبرپور،۲۰۰۹). در سنجش از دور دمای سطح زمین را که بالای جو به وسیله سنجنده‌ها به دست می‌آید دمای روشنایی می‌نامند این دما به علت پدیده‌های جذب و پخش جوی به نظر کمتر از دمای واقعی در سطح زمین است(راجشواری و همکاران(۲۰۱۴). برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون الگوریتم پنجره مجزا استفاده می‌شود و در این تحقیق نیز به منظور به دست آوردن دمای سطح زمین از این الگوریتم استفاده شد. از ویژگی مهم این الگوریتم حذف اثرات جوی است. با توجه به اینکه این الگوریتم به اطلاعات دقیق در مورد نمایه جوی در طول کسب ماهواره‌ای نیاز ندارد، بنابراین به طور گسترده در بازیابی قابلیت انتشار سطح زمین از چند سنسور استفاده می‌کند. بعد از انجام طبقه‌بندی مربوطه و استخراج نقشه کاربری‌اراضی و تغییرات کاربری‌اراضی، به منظور محاسبه دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه اقدام شد. در همین راستا از باند ۱۰ حرارتی سنجنده

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

لندست۸ و باند ۸ سنجنده لندست۷ استفاده شد. در اولین مرحله شاخص NDVI مورد استفاده می‌باشد و بقیه مراحل به ترتیب زیر به منظور استخراج دمای سطح زمین طی شد.

برآورد دمای روشنایی

داده‌های باندحرارتی را می‌توان با استفاده از ثابت حرارتی موجود در فایل متادیتا از طیف درخشندگی به دمای روشنایی تبدیل کرد که با استفاده از رابطه(۲) محاسبه می‌شود(ریبیکی و همکاران، ۲۰۰۴).

رابطه (۲) $T= K2 / Ln (K1 / L\lambda +1) – 272.15$

T = دمای روشنایی ماهواره بر حسب کلوین

K2- K1 = ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود درمتادیتا

Lλ = درخشندگی جو بالا

برآورد قابلیت انتشار سطح زمین[1]

یکی دیگر از معیارهایی که برای محاسبه دمای سطح زمین لازم و ضروری می‌باشد برآورد قابلیت انتشار در سطح زمین است. این معیار بصورت جداگانه در هر دو باند حرارتی ماهواره لندست 8 و باندحرارتی لندست ۷ برای گیاه و خاک با استفاده از رابطه(۳) محاسبه شد.(جنسن،۲۰۱۵)

رابطه (۳) $LSE= Es (۱-FVC) + Ev*FVC$

LSE = قابلیت انتشار سطح زمین

Es-v = انتشار گیاه و خاک برای باندهای حرارتی طبق

FVC = نسبت پوشش گیاهی

برآورد کسر پوشش گیاهی

به منظور کسر تاثیر پوشش‌گیاهی از تصویر از این شاخص استفاده می‌شود. پوشش‌گیاهی همواره از عواملی بوده است که باعث کاهش دمای سطحی می‌شود. پوشش گیاهی سبز جزءبه جز یکی از پارامترهایی است که در بسیاری از برنامه‌های محیط‌زیست و آب‌وهوایی کاربرد دارد. یک رویکرد مشترک برای برآورد FVC شامل ترکیبی غیرخطی از دو عنصر طیفی در یک تصویر سنجش از راه دور، شامل خاک لخت و پوشش گیاهی سبز است. خواص طیفی از این دو عنصر معمولا به صورت‌های مختلفی برآورد می‌شود که شامل اندازه‌گیری‌های میدانی، برآورد از منابع داده‌های اضافی و یا به صورت مستقیم از تصاویر استخراج می‌شود. الگوریتم وابسته به یک تجزیه و تحلیل روش بهینه سازی مخلوط طیفی(SMA) بر اساس قضیه پوشش‌گیاهی، همراه با استفاده از استاندار SMA، برای بهبود درک از تاثیرپذیری دو عنصر در اشتقاق از بخش پوشش‌گیاهی زیر پیکسل‌ها در مقیاس جهانی است(گارسیا و همکاران،۲۰۰۵). برای برآورد این شاخص از رابطه(۴) استفاده می‌شود(سابرینو و رایشونی،۲۰۰۰).

[1] - Land Surface Emissivity

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

رابطه (۴) $Fvc= (NDVI-NDVIs) / (NDVIv-NDVIs)$

NDVI = شاخص پوشش گیاهی

NDVIs = مناطق بدون پوشش گیاهی شاخص

NDVIv = مناطق پوشیده از گیاه شاخص

محاسبه نهایی دمای سطح‌زمین با روش Single Channel(LST)

این الگوریتم از جمله روش‌های دقیق و موثر در برآورد دمای سطح زمین می‌باشد. ویژگی مهم این روش، حذف اثرات جوی می‌باشد. باتوجه به این که این الگوریتم اطلاعات دقیق در مورد نمایه جوی کسب ماهواره‌ای نیاز ندارد، برای بازیابی LST از دو سنسور چند طیفی و حرارتی استفاده می‌کند که از رابطه(۵) محاسبه میشود(وان و همکاران، ۱۹۹۶).

رابطه (۵) $(SW)LST= TB_{10}+C_1 (TB_{10}-TB_{11}) C2 (TB_{10}-TB_{11})2+C_0+ (C_3+C4W) (C_5+C_6W) \Delta\varepsilon(1+\varepsilon)$

mean LSE = ε

LSE difference=$\Delta\varepsilon$

TB= باندهای حرارتی

C= کانال های حرارتی

W= مقدار بخار آب موجود در جو

صحت‌سنجی نتایج

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت‌ودرستی آن است (فیضی زاده و هلالی، ۱۳۸۹: ۷۶). به همین منظور برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، به محاسبه دقت کاربر، دقت کلی و ضریب کاپا در جدول(۲) پرداخته شد.

جدول(۲). اطلاعات طبقه بندی کاربری اراضی(صحت سنجی)

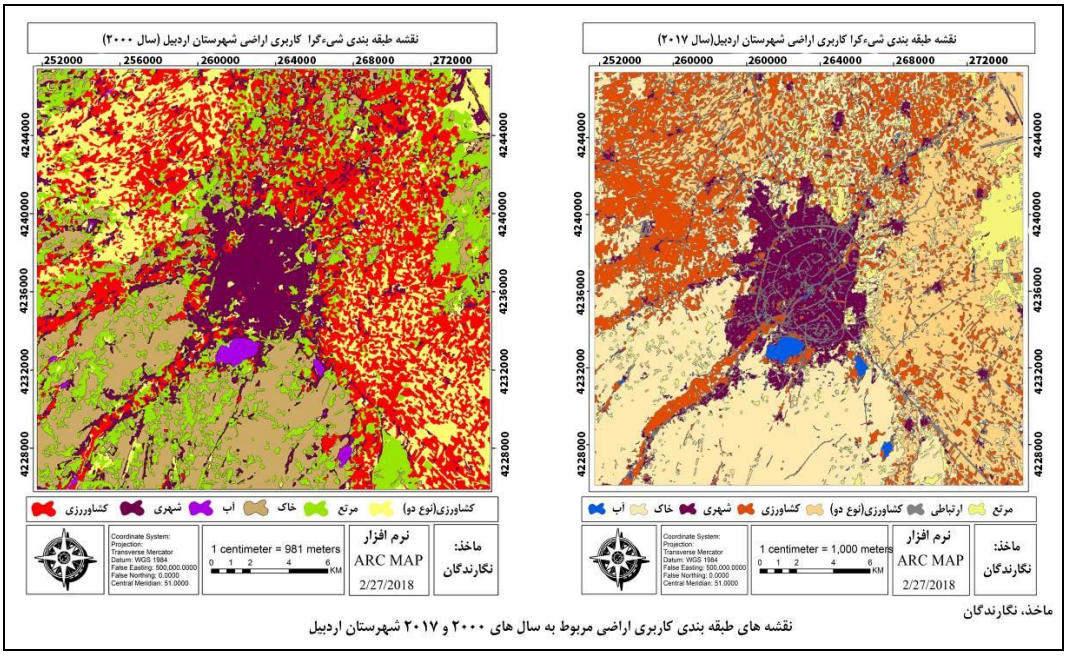
۲۰۱۷			۲۰۰۰		
کلاس	دقت کاربر٪	دقت تولید کننده٪	دقت تولید کننده٪	دقت کاربر٪	کلاس
خاک	۱۰۰	۱۰۰	۹۸	۹۹	خاک
کشاورزی(۱)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	کشاورزی(۱)
کشاورزی(۲)	۱۰۰	۱۰۰	۹۹	۹۷	کشاورزی(۲)
شهری	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	شهری
مرتع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹	مرتع
آب	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	آب
ارتباطی	۱۰۰	۱۰۰	-	-	ارتباطی
دقت کلی	۱۰۰		دقت کلی	٪۹۸	
ضریب کاپا	۱۰۰		ضریب کاپا	٪۹۹	

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

همانطور که از جدول فوق بر می‌آید دقت طبقه‌بندی در سال ۲۰۱۷ در دقیق‌ترین نوع خود یعنی ۱۰۰% دقت‌کلی و ۱۰۰% ضریب‌کاپا استخراج شده است در حالی که طبقه‌بندی در سال ۲۰۰۰ به نسب دقت پایین‌تری را ارائه داده است. نگارندگان این پایین بودن دقت را به توان تفکیک رادیومتریکی تصویر سال ۲۰۰۰ مربوط می‌دانند. چراکه تصاویر ETM+ از توان تفکیک پایین‌تری(۸بیت) نسبت به تصاویر OLI(۱۲بیت) برخوردار می‌باشند. بعد از انجام طبقه‌بندی و دست‌یابی به نتایج مدنظر، جهت آشکارسازی تغییرات کاربری‌اراضی در سطح منطقه اقدام شد و نقشه تغییرات‌کاربری اراضی در یک بازه ۱۷ ساله از سطح منطقه استخراج شد. شکل(۳). بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی، به منظور بررسی تغییرات حادث شده در منطقه، مساحت کاربری‌های تغییریافته نیز استخراج شد و در جدول (۴) ذکر گردید.

نتایج

در این پژوهش به منظور پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری‌اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM+ لندست اقدام شد. در ابتدا به منظور بررسی تغییرات کاربری‌اراضی، نقشه کاربری‌اراضی شهرستان اردبیل برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ تهیه شد و سپس بعد از به دست آوردن نقشه کاربری‌اراضی هر سال، نقشه تغییرات کاربری‌اراضی نیز برای منطقه استخراج شد. لازم به ذکر می‌باشد که تهیه نقشه کاربری‌اراضی در نرم افزار eCognation و به روش شیءگرا صورت پذیرفت و خروجی‌های مورد نظر نیز در نرم‌افزار ArcGIS 10.5 دریافت شد. شکل(۲) نقشه کاربری‌اراضی مربوط به بازه‌های زمانی مشخص را نمایش می‌دهد. همچنین مساحت هر یک از کاربری‌ها نیز در جدول(۲) برای هرسال نمایش داده شد.



شکل(۲). نقشه طبقه‌بندی شده کاربری اراضی، مربوط به سال های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷

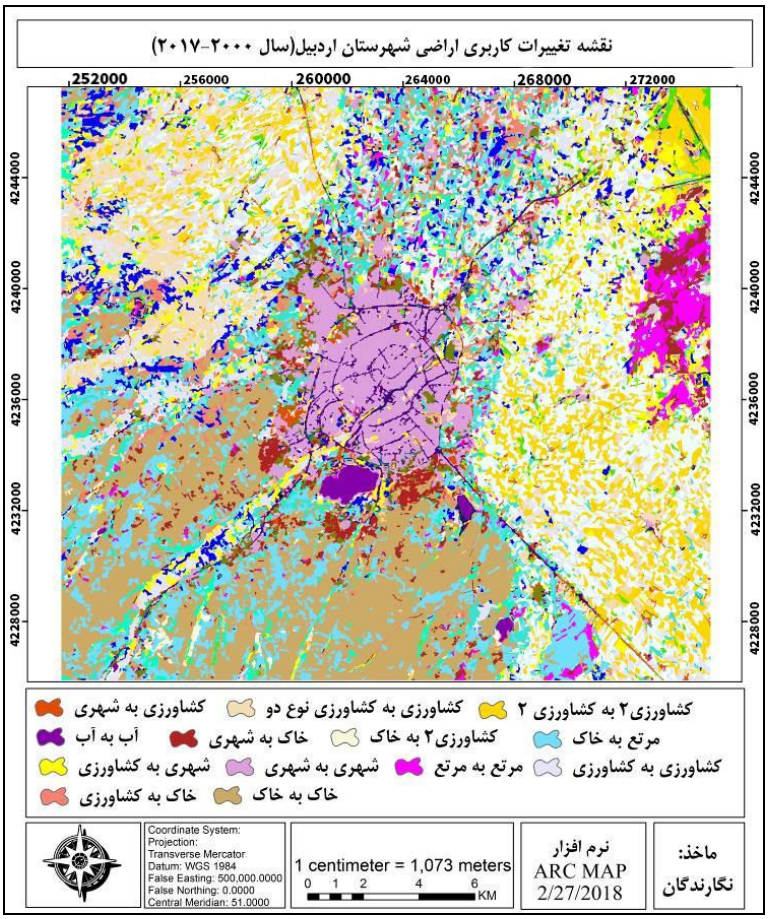
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

جدول (۳). مساحت کاربری های اراضی، در سال ۲۰۰۰و ۲۰۱۷

نوع کلاس	۲۰۰۰(کیلومترمربع)	۲۰۱۷(کیلومترمربع)
خاک	۱۴۷/۸۲	۱۶۱/۳۲
مرتع	۹۸/۷۸	۶۳/۲۴
شهری	۵۸/۳۱	۷۴/۶۸
کشاورزی(۱)	۱۴۸/۲۹	۱۱۱/۰۲
کشاورزی(۲)	۱۰۹/۸۳	۱۲۴/۰۸
خطوط ارتباطی	-	۱۱/۲۴
آب	۳/۵۳	۳/۸۳

همانطور که از جدول (۲) مشخص می‌باشد بیشترین مساحت در سال ۲۰۰۰ متعلق به کلاس کشاورزی نوع یک با ۱۴۸/۲۹ کیلومترمربع مساحت می‌باشد که منظور کشاورزی‌هایی می‌باشند که اکثرا محصولات این کاربری سیب‌زمینی و گندم را شامل می‌شوند. دومین مساحت مربوط به خاک می‌باشد که با ۱۴۷/۸۲ کیلومترمربع بیشترین مساحت را دارا می‌باشد. کمترین مساحت نیز متعلق به کاربری آب با ۳/۵۳ کیلومترمربع است. با نگاهی به کاربری‌های سال ۲۰۱۷ نتایج به دست آمده تفاوت‌های چشمگیری را نشان داد به صورتی که بیشترین مساحت را کاربری خاک با ۱۶۱/۳۲ کیلومتر مربع دارا می‌باشد که نسبت به سال ۲۰۰۰ افزایش چشمگیری را داشته است و همچنین مناطق شهری که با مساحت ۷۴/۶۸ کیلومترمربع دارای افزایش بوده است از عوامل مهمی که در افزایش مساحت کاربری شهری شهرستان اردبیل می‌توان ذکر نمود انتخاب این شهرستان به عنوان مرکز استان اردبیل و جدا شدن آن از استان آذربایجان شرقی می‌باشد. این عامل باعث ایجاد پیامدهای قابل توجه از جمله گسترش فیزیکی شهر و نابودی اراضی پیرامون از جمله کشاورزی و مرتع بوده است. همچنین افزایش مساحت کاربری شهری همزمان با کاهش کاربری کشاورزی(۱) و همچنین مرتع بوده است که نشان از جایگزینی کاربری‌ها و تغییرات آن‌ها می‌باشد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]



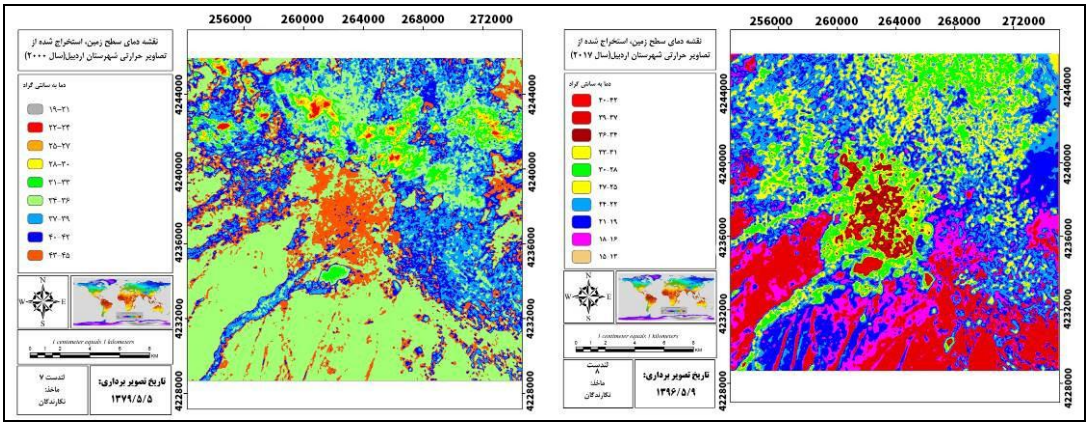
شکل(۳) نقشه تغییرات کاربری اراضی شهرستان اردبیل

جدول (۴). مساحت هریک از طبقات تغییریافته

کاربری‌های تغییریافته	مساحت(هکتار)
شهری به کشاورزی	۴۶۶/۰۴
کشاورزی به کشاورزی ۲	۴۸۵۹/۴۳
آب به اب	۳۵۰/۱۸
خاک به شهری	۶۵۶/۴۵
کشاورزی۲ به خاک	۴۹۲/۱۶
مرتع به خاک	۴۱۰۵/۰۱
کشاورزی به شهری	۱۳۱۲/۳۶
شهری به شهری	۳۳۱۲/۸۵
مرتع به مرتع	۱۲۲۱/۵۳
کشاورزی به کشاورزی	۵۰۷۸/۳۴
خاک به کشاورزی	۱۰۳۵/۱۳
خاک به خاک	۸۱۸۲/۵۹
کشاورزی۲ به کشاورزی۲	۳۸۲۵/۰۹

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

همانطور که از جدول(۴) بر می‌آید بیشترین میزان تغییر کاربری مربوط به کلاس کشاورزی به کشاورزی نوع ۲ می‌باشد که نشان دهنده تغییر کاربری در کشاورزی می‌باشد. سپس تغییر کاربری اراضی مرتع به خاک می‌باشد که نشان دهنده تخریب مراتع می‌باشد. در همین راستا در جهت گسترش اراضی شهری شهرستان اردبیل بیشترین پیشروی بر روی کلاس خاک بوده است که نشان دهنده نوع گسترش شهر می‌باشد. بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری‌اراضی به منظور استخراج دمای‌سطح زمین در بازه زمانی موردنظر(۲۰۰۰-۲۰۱۷) اقدام شد و نقشه حاصل از آن نیز استخراج گردید. شکل(۴).



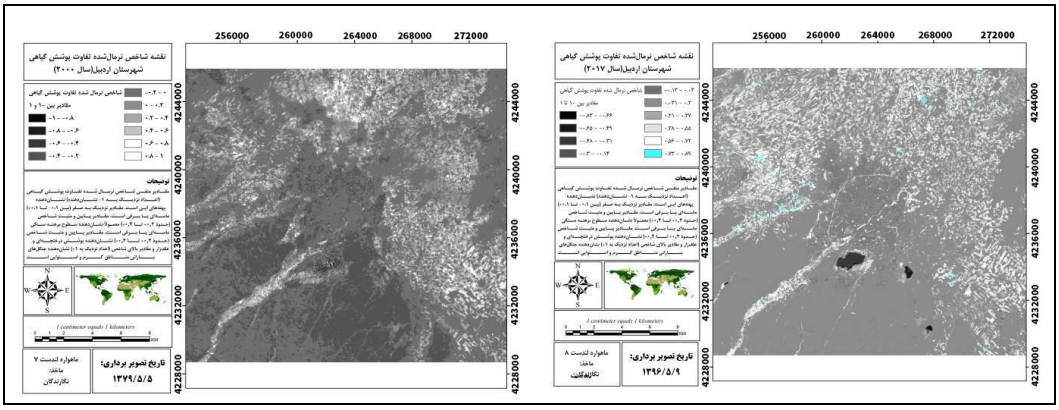
شکل(۴). نقشه دمای سطح زمین در دو سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷

رابطه دمای سطح زمین با پوشش گیاهی(NDVI)

پوشش گیاهی عامل عمدهٔ نقل وانتقال انرژی بین زیست کره و جو محسوب میشود که آثار متفاوتی بر عناصر هواشناختی مناطق پیرامون خود دارد(ادب و همکاران، ۱۳۹۳). بخشی از برهمکنش های سطح زمین و جو تحت تأثیر پوشش گیاهی است. از اینرو، پوشش گیاهی بر اثر بخشی در فرایندهای اقلیمی، نظیر انتقال انرژی از طریق دمای هوا، رطوبت نسبی، بارش، تابش و پوشش ابر یکی از عوامل مهم در تغییرپذیری اقلیم کرهٔ زمین محسوب میشود. پوشش گیاهی یکی از عوامل مهم در تغییرپذیری اقلیم منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شود، که نقش اساسی در تعاملات بین فرایندهای سطح زمین، (آلبدوی سطحی) و جو(دمای سطح زمین) ایفا می‌کند. مطالعات متعددی در زمینهٔ بررسی ارتباط بین پوشش گیاهی با دمای سطح زمین و آلبدوی سطحی انجام گرفته است. کارنیلی و همکاران(۲۰۰۶) در مطالعه‌ای در ناحیهٔ پوشش‌گیاهی تندرا نشان دادند که با کاهش مقادیر شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده، مقادیر آلبدوی سطحی گیاهان افزایش می‌یابد. همچنین، تغییرات نسبی اندک در ویژگی پوشش گیاهی موجب تغییراتی در آلبدوی سطحی، بیلان انرژی و در نهایت بازخوردهایی در اقلیم منطقه می‌شود. فصل گرم سال به عنوان دورهٔ مطالعاتی نشان داد که فعالیت‌های فتوسنتز، همچنین فرایند تعرق موجب می‌شود تا دمای میکروکلیمای این مناطق کمتر از مناطق بدون پوشش گیاهی باشد، زیرا دفع آب در گیاه عمدتاً از طریق پدیدهٔ تعرق صورت می‌پذیرد. در این شرایط آب به صورت بخار آب و از محل روزنه‌ها به خارج از گیاه منتقل می‌شود. نتایج وان و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده است که شیب تغییرات دمای سطح زمین وابسته به مقدار سبزینگی است. همچنین، عامل سایه و رطوبت خاک و

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

هوموس در مناطق با پوشش گیاهی نیز موجب کاهش دمای سطحی و آلبدوی سطحی می‌شود. از طرفی، مقادیر آلبدوی‌سطحی در نواحی دارای پوشش‌گیاهی کمتر از نواحی فاقد پوشش‌گیاهی است، به طوری که مقادیر انرژی بازتاب شده در حدود ۱۱ درصد و مناطق بدون پوشش‌گیاهی حدود ۳۱ درصد است. در این پژوهش نیز با بررسی رابطه بین دمای سطحی و پوشش‌گیاهی با استناد بر داده‌های آماری مشخص شد که ارتباط قوی بین دمای سطح‌زمین و پوشش گیاهی برقرار است. به این صورت که نواحی عاری از پوشش‌گیاهی دارای دمای سطحی بالاتری نسبت به نواحی است که دارای پوشش‌گیاهی می‌باشند. نواحی دارای پوشش گیاهی همچون کشاورزی و مرتع برای سال ۲۰۰۰ دارای دمای ۳۸ و ۴۰ درجه می‌باشند در حالی که در این سال نواحی بدون پوشش‌گیاهی همچون مناطق شهری دارای دمائی حدود ۴۴ درجه سانتیگراد است که نشان از تاثیر پوشش گیاهی بر دمای سطحی می‌باشد. همچنین در سال ۲۰۱۷ نیز همین فرآیند مشاهده می‌شود به طوری‌که کاربری‌های کشاورزی‌ومرتع به ترتیب دارای دمای ۳۲و ۳۸ درجه بوده‌اند در حالی که کاربری شهری عاری از پوشش‌گیاهی دارای دمای ۴۱درجه سانتیگراد بوده است. به دلیل اهمیت نقش پوشش‌گیاهی در دمای سطح زمین، نگارندگان نقشه پوشش‌گیاهی منطقه مورد مطالعه را نیز استخراج کردند تا به این طریق درک بهتری از رابطه پوشش‌گیاهی با دمای سطح زمین به دست آید. شکل(۵).



شکل(۵) نقشه های شاخص نرمال شده پوشش گیاهی در دو سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷

تحلیل رابطه کاربری‌اراضی و دمای سطحی

نقشه دمای سطح زمین در شکل(۴)، نمایش داده شده است. همانطور که از نقشه فوق مشخص می‌باشد بیشترین دما در سال ۲۰۰۰ برای کاربری شهری ثبت شده است و کمترین دما نیز برای محدوده آبی ثبت شده است. از دمای حاصل شده از تصاویر مربوطه، این چنین برداشت می‌شود که شهرستان اردبیل در سال ۲۰۰۰ دچار پدیده جزیره حرارتی بوده است که ساخت و سازهای انسانی که اکثرا جاذب حرارت می‌باشد بیشترین سهم را در این پدیده داشته‌اند و همچنین سوخت حاصل از ماشین‌آلات و کارخانه‌جات نیز در این پدیده موثر می‌باشند. با ملاحظه نقشه کاربری‌اراضی و نقشه دمای سطحی سال ۲۰۱۷ نیز، تحلیل فوق ثابت می‌شود و همان‌طور که مشخص می‌باشد بیشترین دما در این سال نیز متعلق به کاربری‌شهری به همراه کاربری مرتع به ترتیب با ۴۱و۳۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. کمترین دمای ثبت شده نیز مربوط به کاربری آب با ۳۰درجه سانتیگراد

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

می‌باشد. بدنه‌های آبی در این محدوده به دو شکل مناطق رودخانه با عمق و آب کم (اکثرا رودخانه داخل شهری) و به صورت دریاچه‌ای (دریاچهٔ شورابیل) می‌باشد. با توجه به اینکه آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی می‌باشد، نواحی عمیق دارای دمای سطحی کمتری نسبت به نواحی کم عمق می‌باشند. بنابراین، انحراف معیار به دست‌آمده از دمای سطحی این کاربری با توجه به دمای استخراج شده در نواحی کم‌عمق و عمیق است. کاربری مربوط به کشاورزی 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(احمدی و همکاران،۱۳۹۴؛۶۱). 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. جدول(۵) دمای سطحی هر یک از کاربری‌ها را برای سال‌های ۲۰۰۰و۲۰۱۷ نمایش می‌دهد.

جدول (۵). دمای سطحی کاربری های مختلف شهرستان اردبیل (میانگین دما)

سال ۲۰۰۰		سال ۲۰۱۷	
کاربری	دمای میانگین C	کاربری	دمای میانگین C
کشاورزی	۳۸	کشاورزی	۳۲
خاک	۳۵	خاک	۲۰-۳۸(متغییر برای نوع خاک)
شهری	۴۴	شهری	۴۱
آب	۲۸	آب	۳۰
کشاورزی(۲)	۴۱	کشاورزی(۲)	۳۴
مرتع	۴۰	مرتع	۳۸

همانطور که از جدول(۵) مشخص می‌باشد در صورت مقایسه دمای سطحی هردو سال مربوط به شهرستان اردبیل چنین برداشت می‌شود که کاربری آب نسبت به سال ۲۰۰۰ دارای افزایش دما بوده است و این چنین برداشت می‌شود این افزایش دما باعث کاهش سطح آب دریاچه بوده است و همچنین افزایش دمای شهری نیز در رودخانه‌های داخل شهری باعث کاهش حجم آب رودخانه‌ها بوده و حتی باعث خشک‌شدن چندین مورد از این رودخانه‌ها گردیده است. به دلیل اینکه با افزایش دما تبادلات هوایی بین دریاچه و خشکی کاهش می‌یابد و از سوئی لجن‌های کف دریاچه به سمت بالا و ساحل جهت می‌یابند، ماهی در تغذیه از لجن‌ها به میکروب طبیعی موجود در آن گرفتار می‌شود و از پیامدهای افزایش دما مرگ این جانوران دریایی در دریاچه‌ها می‌باشد(احمدی و همکاران،۱۳۹۴؛۶۱). بعد از کاربری آب از جمله کاربری‌های جالب توجه که لازم به تحلیل و علت جویی آن می‌باشد کاربری کشاورزی(۲) می‌باشد. این کاربری که بیشتر مناطق دیم را شامل می‌شود دارای کاهش دما نسبت به سال ۲۰۰۰ می‌باشد. این کاربری در سال ۲۰۰۰ بیشترین دما را بعد از کاربری شهری دارا بوده است اما در سال ۲۰۱۷ کمترین دمای ثبت شده را به خود اختصاص داده است. علت آن را می‌توان در عامل برداشت محصول دانست. با توجه به اینکه محصولات دیمی محدودهٔ مورد مطالعه اغلب گندم بوده و در این زمان از فصل

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

بیشتر گندم‌ها رسیده و یا برداشت می‌شوند، بنابراین تبخیر و تعرق این محصولات ناچیز می‌باشد(همان منبع). 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. با این توجیه میتوان استنباط کرد که محصولات این کاربری درسال ۲۰۰۰ برداشت شده‌اند و همین امر باعث شده که انرژی تابشی گسیل شده بیشتری دریافت شود اما در سال ۲۰۱۷ به دلیل برداشت نشدن محصولات و یا برداشت کم آن‌ها، توان تبخیر و تعرق در گیاهان بیشتر بوده و همین امر باعث خنک نگه داشتن دمای سطح شده است. کاربری مرتع در هر دوسال مورد مطالعه، دمای بالایی را داشته است و اختلاف ناچیزی بین هردوسال مشاهده می‌شود. دلیل بالا بودن دمای این کاربری، باتوجه به فصل مورد مطالعه که مرداد ماه می‌باشد، ازدیاد نواحی عاری از پوشش‌گیاهی یا پوشش‌گیاهی ناچیز و پراکنده می‌باشد. به دلیل اینکه در ماه مرداد اغلب شاخ و برگ گیاهان موجود خشک بوده و تبخیر و تعرق پایین است دمای بالایی نیز ثبت می‌شود. این مورد قابل ذکر است که تبخیر و تعرق رابطه معکوس با دمای سطحی دارد به این معنی که با افزایش تبخیر و تعرق دمای سطحی کاهش می‌یابد و همین امر باعث شده است که کمبود تبخیروتعرق در کاربری مرتع باعث افزایش دمای آن شود و همچنین انرژی تابشی بیشتری را دریافت و در خود ذخیره کند. در نواحی که دامنهٔ مرتعی رو به آفتاب هستند و پوشش گیاهی غیرمتراکم است، دمای سطحی بیشینه حاکم می‌باشد.

ارزیابی دمای به‌دست آمده با داده‌های زمینی

مقادیر دمای اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه هواشناسی شهرستان اردبیل برای هردوسال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ در جدول(۵) نمایش داده شده است. مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های زمینی تا حدودی در تمام ماه‌های سال نزدیک به هم می‌باشند اما به دلیل اینکه تصاویر اخذ شده مربوط به ماه مرداد می‌باشد ماه مدنظر ما نیز مرداد می‌باشد. همانطور که گفته شد مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه زمینی نزدیک به هم بوده اما این مقادیر در اندازه‌گیری توسط تصاویر اخذ شده متفاوت‌تر از هم می‌باشند. دلیل این تفاوت چندین عامل می‌تواند باشد. از عوامل مهم در تغییرات دمایی نمایش داده شده در تصاویر، میزان توان تفکیک رادیومتریکی هریک از تصاویر می‌باشد. هر سنجنده‌ای که وظیفه تصویربرداری از سطح زمین را بر عهده دارد، دارای ویژگی‌های خاص و متناسب به خود می‌باشد. یکی از این ویژگی‌ها کیفیت تصاویری است که برداشت می‌کند. این کیفیت تصاویر در سنجش از دور با عنوان توان تفکیک و یا قدرت تفکیک یا رزلوشن شناخته می‌شود. تعداد بیت‌های اختصاص داده شده در دیتاها تعریف می‌شود. یعنی تا چه حد یک تصویر می‌تواند انرژی‌های الکترومغناطیس را شناسایی کند. هر چقدر یک تصویر از توان تفکیک رادیومتریک بالاتری برخوردار باشد، از توان شناسایی انرژی‌های بالاتر و بیشتری را برخودار است. با این تفسیر و توضیح میتوان به تفاوت بین تصاویر سنجنده لندست ۷(۸بیتی) با تصاویر اخذ شده سنجنده لندست۸(۱۲بیتی) پی برد و رابطه این عوامل با محاسبه دمای سطح را نیز آشکار ساخت. عامل بعدی در این تفاوت دمایی، به خود سنجنده و سیستم فیزیکی آن مرتبط می‌باشد. به این معنا که سنجنده‌ها بعد مدت زمان معینی خود نیز از خود انرژی و حرارت تولید می‌کنند و سنسور نیز همین انرژی‌ها را نیز ثبت و لحاظ می‌کند. هرچند این عوامل تا حدودی تصحیح می‌شوند ولی همیشه تصحیح به معنای کامل

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

اتفاق نمی‌افتد و این عوامل(هرچند کم) تاثیراتی بر روی تصویر نهائی می‌گذارند(جنسن، ۲۰۰۵). در نهایت دمای اخذ شده توسط ایستگاه‌های زمینی و تصاویر در جدول(۶) نمایش داده شده است.

جدول (۶). داده‌های زمینی و مقادیر ثبت شده در تصاویر ماهواره

سال مورد بررسی	داده های زمینی	تصاویر ماهواره ای	ایستگاه هواشناسی
۲۰۰۰	۲۵/۵	۳۴. ۶۶	اردبیل
۲۰۱۷	۲۴/۵	۳۰ .۶۳	اردبیل

نتیجه‌گیری

اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی و سیاست گذاری می‌باشد. به همین دلیل در این پژوهش در اولین قدم به منظور طبقه بندی و سپس بررسی تغییرات حادث شده در یک بازه زمانی مشخص در سطح شهر اردبیل و اطراف آن اقدام شد. به منظور طبقه بندی تصاویر مربوطه از شهرستان اردبیل از روش شیءگرا در نرم افزار eCognation استفاده شد و خروجی های مربوطه در نرم افزار ARCGIS10.5 استخراج شد. نتایج طبقه بندی نشان می‌دهد که طبقه‌بندی برای سال ۲۰۱۷ از دقت بسیاربالایی برخوردار می‌باشد به طوری که دقت کلی و ضریب کاپای استخراج شده در بالاترین سطح ممکن یعنی ۱۰۰درصد برای هردو دقت می‌باشد. در به دست آوردن این دقت عواملی همچون وضوح بالای تصویر و همچنین به کارگیری الگوریتم هایی اعم از شکل، بافت، خاک و پوشش گیاهی دخیل می‌باشند. نتایج طبقه‌بندی با همین روش برای سال۲۰۰۰ نیز با دقت کمتر استخراج شد و دقت کلی برای سال۲۰۰۰، ۹۸درصد و ضریب کاپای ۹۹درصد انجام شد. بعد از طبقه‌بندی به منظور بررسی تغییرات حادث شده در سطح منطقه در یک بازه زمانی ۱۸ ساله اقدام شد و نقشه تغییرات کاربری‌اراضی برای سطح شهرستان اردبیل ایجاد شد(شکل۳) و همچنین تغییرات حادث شده در هر کاربری نیز در جدول(۴) بر حسب هکتار استخراج شد. بیشترین کاربری تغییریافته در این شهرستان، کاربری کشاورزی به شهری بوده است. این تغییر نشان می‌دهد که افزایش کاربری شهری در این شهرستان با کاهش کاربری کشاورزی همراه بوده است که نشان‌دهنده تخریب مکان‌های کشاورزی و جایگزینی مناطق شهری به جای آن است. تولید نقشه‌های دمای سطح زمین نیاز به باندهای حرارتی دارد که توان تفکیک زمینی پایین داشته و در فواصل طولانی در اختیار محققان قرار گیرد(کاویانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ ۲۲). به همین دلیل پویایی فضایی و زمانی دمای سطح زمین در ارتباط با کاربری اراضی از طریق پایش داده‌های تصاویر لندست مورد مطالعه قرار گرفت. دمای سطح زمین از جمله پارامترهای اصلی در مطالعه شهرهاست. چرا که تقریبا با دمای هوای لایه‌های پایینی جو شهری که مرکز موازنه انرژی سطح است و تعیین کننده اقلیم میان ساختمان‌ها و موثر بر زندگی و آسایش ساکنان شهری است، برابری می‌کند. نتایج به دست آمده در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که دمای سطحی در هر محدوده‌ای از زمین متاثر از عوامل سطحی و خصوصیات آن می‌باشد. نتایج این تحقیق هم نشان می‌دهد که دمای به دست آمده با توجه به کاربری‌های مختلف، متفاوت می‌باشد. همانطور که از شکل(۴) و داده های آماری جدول(۵) مشخص می‌باشد بیشترین دمای ثبت شده برای شهرستان اردبیل برای سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ مربوط

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

به کاربری شهری به ترتیب با ۴۴و ۴۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که نشان از تمرکز حرارت در مناطق شهری می‌باشد. این کاربری به دلیل وجود عوامل انسان ساخت و جاذب حرارت همانند آسفالت، بتن، وجود ماشین‌آلات بیشترین دما را دارا می‌باشد. همچنین وجود ساختمان‌های بلند همانند مانعی از خروج گرما به اطراف بوده و به نوعی گرما را در داخل شهر محبوس می‌کند که خود عاملی در گرم شدن کاربری شهری می‌باشد. با توسعه شهرنشینی شهرستان اردبیل، بخش قابل توجهی از مساحت مناطق طبیعی و جنگلی، جای خود را به مناطق صنعتی، ساختمان‌ها و سایر زیرساخت ها داده‌اند. محدوده‌های شهری دارای بیلان انرژی متفاوتی در قیاس با نواحی غیرشهری هستند. این تفاوت و تغییر در مفهوم بیلان انرژی، باعث از دست رفتن توازن انرژی در محیط شهری میگردد که مشکلات زیست محیطی جدی همانند آلودگی حرارتی را برای ساکنین این شهر به دنبال می‌آورد. همچنین برای پوشش سبز نیز مقدار زیادی از انرژی دریافتی در فرآیند تبخیر و تعرق مصرف شده و مقدار کمی از انرژی برای گرم کردن هوا باقی می‌ماند. از طرفی افزایش تراکم جمعیت موجب افزایش انرژی وارده شده به محیط توسط بشر می‌شود که نتیجه آن ایجاد خرداقلیم‌های متفاوت و بالابودن گرمایش شهری نسبت به اطراف آن در سطح شهر خواهد بود. کمترین دمای ثبت شده در شهرستان اردبیل نیز مربوط به کاربری آب می‌باشد. بدنه‌های آبی در این محدوده به دو شکل مناطق رودخانه با عمق و آب کم (اکثرا رودخانه داخل شهری) و به صورت دریاچه‌ای (دریاچهٔ شورابیل) می‌باشد. با توجه به اینکه آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی می‌باشد، نواحی عمیق دارای دمای سطحی کمتری نسبت به نواحی کم عمق می‌باشند. بنابراین، انحراف معیار به دست‌آمده از دمای سطحی این کاربری با توجه به دمای استخراج شده در نواحی کم‌عمق و عمیق است. همچنین در جدول (۶) به بررسی همبستگی بین دمای سطحی و پوشش‌های کاربری در بازه زمانی مورد نظر(سال۲۰۰۰و۲۰۱۷) پرداخته شد و مشخص شد که بجز پهنه‌های آبی که دارای همبستگی مثبت با دمای سطحی می‌باشند بقیه کاربری‌ها دارای همبستگی منفی می‌باشند. همچنین بیشترین همبستگی منفی با پوشش‌گیاهی می‌باشد که عموما دلیل آن پوشش‌گیاهی متراکم در محدوده می‌باشد.

جدول (۶). همبستگی بین دمای سطحی و پوشش کاربری ها

نوع کلاس	تعداد پیکسل های نمونه برداری شده	ضریب همبستگی با دمای سطحی
خاک	۱۶۷۲۳	-۰/۱۶
مرتع	۱۲۶۷۵	-۰/۰۸
شهری	۱۹۳۸	-۰/۰۶
کشاورزی(۱)	۱۴۰۷۵	-۰/۳۴
کشاورزی(۲)	۱۰۰۷۸	-۰/۲۵
خطوط ارتباطی	۱۲۹	-۰/۰۹
آب	۹۸	۰/۲۲

در تحقیقی مشابه فیضی‌زاده و همکاران(۱۳۹۵) به بررسی دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم پنجره مجزا پرداختند. نتایج نشان می‌دهد که بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین رابطه قوی وجود دارد چنان که مناطق دارای پوشش گیاهی دارای حداقل دما و مناطق عاری از پوشش‌گیاهی دارای حداکثر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

دما می‌باشند که نشان از نقش و اهمییت پوشش‌گیاهی در منطقه می‌باشد. امیری(۱۳۸۴)، با بهره‌گیری از سنجش از دور به مطالعه و بررسی توزیع حرارت و تغییرات آن در ارتباط با کاربری و پوشش‌زمین و ویژگی‌های آن در منطقه شهری تبریز پرداخته و از تصاویر لندست۵ و ۷ که به ترتیب متعلق به سال های 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 کرد. نتایج نشان می‌دهد که تبدیل کاربری‌های فضای سبز و کشاورزی به مناطق مسکونی با تغییرات حرارتی 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 شده است که عامل مهمی در حرارت های بالا در شهر شناخته می‌شود. در نهایت از مزایا و کاربردهای این تحقیق میتوان به کاربرد آن در زمینه مختلف همچون کشاورزی، عمران، آب و هواشناسی، زمین شناسی، نقشه برداری، آبخیزداری و سایر رشته هایی اشاره کرد که به نحوی با داده های دمایی و همچنین با کاربری‌های زمین و علوم‌زمین در ارتباط می‌باشد. شایان تذکر می‌باشد که دمای ثبت شده توسط ایستگاه‌های هواشناسی تنها مربوط به یک محدوده خاص می‌باشد و نمیتوان آن را برای تمامی مناطق سطح یک منطقه به کار برد و همچنین مناطقی نیز وجود دارند که به علت صعب‌العبور بودن امکان به دست آوردن دمای آن غیرممکن یا بسیار هزینه‌بر است. در حالی که با استفاده از تکنولوژی سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای میتوان دمای تمامی مناطق سطح زمین را بدون هزینه‌های اضافی برآورد نمود. نتایج این تحقیق می‌تواند در اختیار محققان و کارشناسان مربوطه در سطح منطقه به منظور کسب اطلاعات از دمای سطح زمین، کاربری زمین و همچنین تغییرات حادث شده در سطح منطقه قرار گیرد و با اتخاذ سیاست‌های مطلوب و درست به پیش‌بینی وضع آینده نیز اقدام کنند.

منابع

احمدی، محمود؛ عاشورلو، داوود؛ نارنگی فرد، مهدی. (۱۳۹۱). **تغییرات زمانی - مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده های سنجنده*TM&ETM* ، سنجش از دور و *GIS* ایران، ۴(۴)**، ۵۵-۶۸.

اکبری، هادی. (۱۳۷۹). **بررسی الگوی توزیع درجه حرارت شهر تهران با استفاده از اطلاعات حرارتی لندست *TM***، پایان نامه ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

امیری، رضا. (۱۳۸۴). **مطالعه تغییرپذیری داده های حرارتی *TM* لندست در ارتباط با کاربری و پوشش زمین و ویژگی های ان در منطقه شهری تبریز**، پایان نامه ارشد رشته سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

امینی، سمیرا؛ زارع ابیانه، حمید؛ اکبری، مهدی. (۱۳۹۳). **برآورد دما و شاخص پوشش گیاهی سطح زمین با استفاده از داده های سنجش از دور(مطالعه موردی: شهرستان همدان)، پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۳**، ۳۳۳- ۳۴۸.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

خسروی، محمود؛ قبادی، اسدالله. (۱۳۹۲). **بررسی مقایسه تاثیرجمعیت بر سازمان یابی فضایی نقاط شهری با تاکید بر عملکرد جزیره گرمایی(نمونه موردی: استان تهران والبرز)**، نخستین کنفرانس آب و هواشناسی، کرمان، دانشگاه تحصیلات تکمیلی و صنعتی و فناوری پیشرفته.

رمضان، بهمن؛ مریم دخت؛ محمد. (۱۳۸۰). **شناخت محدوده تشکیل جزایر گرمایی در شهر رشت**، جغرافیای طبیعی، **۳**، ۱۱۱- ۱۲۵.

رنگزن، کاظم؛ فیروزی؛ محمدعلی، تقیزاده، امین. (۱۳۹۰)، تهیه **نقشه *LST* با استفاده از تصاویرماهواره ای، نمونه موردی شهراهواز**، همایش ملی ژئوماتیک

زبیری، محمود؛ مجد، علیرضا. (۱۳۸۵). **آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی**، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران.

شکیبا، علیرضا؛ فیروزآبادی، پرویز؛ عاشورلو، داوود؛ نامداری، سودابه. (۱۳۸۸). **تحلیل رابطه کاربری اراضی و پوشش گیاهی با جزایر حرارتی شهر تهران با استفاده از داده های *ETM+***، سنجش از دور و *GIS* ایران، **۱(۱)**، ۳۹-۵۶.

صادقی‌نیا، علیرضا؛ علیجانی، بهلول؛ ضیائیان، پرویر. (۱۳۹۱). **تحلیل زمانی-مکانی جزیره حرارتی کلان شهر تهران با استفاده از داده های سنجش از دور و *GIS*، جغرافیا و مخاطرات محیطی**، شماره ۴، ۱-۱۷.

عقیلی نسب، زهرا؛ محمدزاده، مرجان؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ زارعی، حسین. (۱۳۹۰). **تحلیل روش محاسبه جزیره حرارتی شهری با استفاده از سنجش از دور**، دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، ۳-۸.

علوی پناه، کاظم. (۱۳۸۶). **سنجش از دور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین**، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

علوی پناه، کاظم. (۱۳۹۳). **اصول سنجش از دور نوین و تفسیرعکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای**، چاپ دوم، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

فیضی زاده، بختیار؛ دیده بان، خلیل؛ غلام نیا، خلیل.(۱۳۹۵). **برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوضه ابریز مهاباد)**، فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، **۲۵(۸۱)**: ۹۸-۱۷۱.

کاویانی، عباس؛ سهرابی، تیمور؛ دانش کارآسته، پیمان. (۱۳۹۲). **تخمین دمای سطح زمین با استفاده از شاخص NDVI در تصاویر سنجنده های لندست +ETM و مودیس**، مجله هواشناسی کشاورزی،**۱(۱)**: ۱۴-۲۵.

مباشری، محمد. (۱۳۸۹). **مبانی فیزیک سنجش از دور و فناوری ماهواره**، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.

مرادی، مسعود ؛ صلاحی، برومند؛ مسعودیان، سیدابولفضل. (۱۳۹۵). **بررسی شیب دمای سطح زمین در ایران با داده های روز هنگام مودیس، مجله پژوهش های جغرافیای طبیعی، ۴۸(۴)**، ۵۱۷-۵۳۳.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

ملکپور، پیمان؛ طالعی، محمدیوسف؛ خوشگفتار، مهدی. (۱۳۸۹). **بررسی درجه حرارت سطح زمین و ارتباط آن با کلاس های پوشش کاربری زمین شهری با استفاده از دادهای سنجنده +ETM مطالعه** موردی: شهرتهران، همایش ژئوماتیک.

موسوی بایگی، محمد؛ اشرف، بتول؛ فریدحسینی، علیرضا، میان ابادی، آمنه. (۱۳۹۱). **بررسی جزیره‌حرارتی شهرمشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال**، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، **۱**، ۴۹-۳۵.

نامداری، سودابه. (۱۳۸۸). **استخراج جزایر حرارتی د مناطق شهری با استفاده از داده های سنجش از دور(مطالعه موردی : شهرتهران)، پایان نامه ارشد رشته سیستم اطلاعات جغرافیایی، منابع آب و خاک**، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم و زمین، گروه آموزشی سنجش از دور و GIS.

نوری، سمیرا؛ ثنائی نژاد، حسین؛ هاشمی، مجید. (۱۳۸۹). **برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر مودیس در زیرحوضه ابریز مشهد**، اولین کنفرانس بین اللملی مدلسازی گیاه، آب و خاک و هوا.

هاشمی، محمود؛ علویپناه، کاظم؛ دیناروندی، مرتضی. (۱۳۹۲). **ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط زیست شهری، با کاربرد سنجش از دور حرارتی، محیط شناسی، ۳۱(۱)**، ۸۱-۹۲.

Du, Z., Li, W., Zhou, D., Tian, L., Ling, F., and Wang, H., (2014), **Analysis of Landsat-8 OLI imagery for land surface water mapping**, Remote Sensing Letters, 5(7): PP. 672-681.

Artis, D. A., Carnahan. W. H., (1982), **Survey of Emissivity Variability in Thermography of Urban Areas**. Remote Sensing of Environment, **12**. 313– 329.

Benali, A., Carvalho, A. C., Nunes, J. P., Carvalhais, N., & Santos, A., (2012), **Estimating air surface temperature in Portugal using MODIS LST data**. Remote Sensing of Environment, **124**, 108-121.

Cresswell, M. P., Morse, A. P., Thomson, M. C., & Connor, S. J., (1999), **estimating surface air temperatures, from Meteosat land surface temperatures, using an empirical solar zenith angle model**. International Journal of Remote Sensing, **20(6),** 1125-1132.

Czajkowski, K. P., Goward, S. N., Stadler, S. J., & Walz, A., (2000), **Thermal remote sensing of near surface environmental variables: application over the Oklahoma Mesonet**. The Professional Geographer, 52(2), 345-357.

Deng Sheng, Lu. Qihao, Weng. (2006), **Spectral Mixture Analysis of ASTER Images for Examining the Relationship between Urban Thermal Features and Biophysical Descriptors in Indianapolis, Indiana**, USA. Remote Sensing of Environment, 104, Pp 157–167.

Granger, R.J., (1999), **Satellite-derived Estimation of Evapotranspiration in Gediz Basin**, Journal of Hydrology, **229**, 70-76.

Jacobson, M. Z., (2005), **Fundamentals of atmospheric modeling**, Cambridge University Press.

Jiang, Jing, and Tian, Guangjin. (2010), **Analysis of The Impact of Land Use/ Land Cover Change on Land Surface Temperature with Remote Sensing**, Procedia Environmental Sciences, **2**, 571–575.

Jin, M., & Dickinson, R. E., (2010), **Land surface skin temperature climatology: benefitting from the strengths of satellite observations**. Environmental Research Letters**, 5(4),** 440-457.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]

Li, Z.L., and Becker, F., (1993), **Feasibility of Land Surface Temperature and Emissivity Determination from AVHRR Data**, Remote Sens. Envir, 43: pp. 67-85.
Lo CP, Quattro chi DA and Luvall JC., (1997), **Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban island effect**. Int. J. Remote sensing. 18(2), 287-304.
Vázquez D.P., F.J.O., Reyes and L.A., Arboledas. (1997), **A Comparative Study of Algorithms for Estimating Land Surface Temperature from AVHRR Data**, Remote Sensing of Environment, 62(3): pp.215-222.
Vooget J.A and T.R, Oke. (2003), **Thermal Remote Sensing of Urban Climates**, Remote Sensing of Environment, No 86, Pp 370-282.
Wan, Z., & Dozier, J., (1996), **A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space**, Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions, 34(4), 892-905.
Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., & Li, Z. L., (2002), **Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data**. Remote Sensing of Environment, 83(1), 163-180.
Willmott, C. J., & Robeson, S. M., (1995), **climatologically aided interpolation (CAI) of terrestrial air temperature**. International Journal of Climatology, 15(2), 221-229.
Zebiri, Mahmoud, Majid, Alireza., (2006), **Introduction to remote sensing and application in natural resources**, 6th edition, Tehran University Press

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.53.13.1]
[DOI: 10.29252/jgs.19.53.195]