نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و دوم، شماره ۶۷، زمستان ۱۴۰۱

پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM، مطالعه موردی: (شهرستان مشگین‌شهر)

دریافت مقاله: ۹۸/۶/۲۹ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۱۰/۲

صفحات: ۳۹۳-۳۷۵

موسی عابدینی: استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
Email: musaabedini@yahoo.com
احسان قلعه*: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران [1]
Email: ghale.ehsan@yahoo.com
نازفرآقازاده: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
Email: naz.agh4@gmail.com
مریم محمدزاده شیشه‌گران: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
Email: mmohamadzadeh@gmail.com

چکیده

مطالعات نشان می‌دهد که نقش سنجش‌ازدور حرارتی در مطالعه و برآورد دمای سطح زمین بسیار حائز اهمیت است. حرارت سطح زمین شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است. با توجه به محدودیت ایستگاه‌های هواشناسی، سنجش‌ازدور می‌تواند جایگزین مناسبی برای برآورد حرارت سطح زمین باشد. هدف اصلی از این تحقیق پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM به همین منظور ابتدا تصاویر مربوطه اخذ شد سپس نسبت به مدل‌سازی و طبقه‌بندی تصاویر اقدام شد. ابتدا بررسی تغییرات کاربری اراضی، نقشه طبقه‌بندی‌شده کاربری اراضی برای هر دو سال با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده استخراج شد و سپس بررسی تغییرات کاربری اراضی نقشه تغییرات کاربری اراضی برای یک بازه زمانی ۲۸ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۵) استخراج شد. نتایج نشان داد که رابطه قوی بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد. مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بودند. همچنین کاربری کشاورزی دیم دارای بیشترین میانگین دما نسبت به مناطق مجاور بود که نشان از خشک بودن محصولات کشاورزی در سطح شهرستان مشگین‌شهر است.

کلید واژگان: دمای سطح زمین، OLI و TM، شهرستان مشگین‌شهر، کاربری اراضی.

---

۱. **نویسنده مسئول**: اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم اجتماعی، گروه جغرافیای طبیعی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]

[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

مقدمه

انتظار می‌رود که رشد شهرنشینی و گسترش سریع وابسته به آن در مناطق توسعه‌یافته تا قرن بیست و یکم با سرعت بیشتری در کشورهای درحال‌توسعه ادامه یابد، این عامل پتانسیل ایجاد جزایر حرارتی و پریشانی‌های ناشی از گرما را در مناطق شهری افزایش می‌دهد. گسترش سریع شهرها به دلیل تغییرات گسترده در کاربری و پوشش زمین تأثیرات منفی بر کیفیت زیست‌محیطی 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. دمای سطح زمین شاخص مهمی در مطالعه مدل‌های تعادل انرژی در سطح زمین و فعل و انفعالات بین زمین و اتمسفر در مقیاس منطقه‌ای و جهانی است (درویشی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۹). 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 هست. به‌طورکلی اندازه‌گیری دما در سطح زمین، توسط ایستگاه‌های هواشناسی، اعم از سینوپتیک و کلیماتولوژی انجام می‌شود. این نکته را نیز باید مدنظر قرارداد که ایستگاه‌های هواشناسی فقط قادر به اندازه‌گیری دما در نقاط خاصی می‌باشند که قبلاً در آنجا نصب شده‌اند. آنچه به عنوان 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 سنجش‌ازدور تا حدی این کمبودها برطرف شده است. دمای سطح زمین یک متغیر کلیدی در آنالیز و مدل‌سازی بیلان انرژی سطح، رطوبت سطحی و تبخیر و تعرق و مطالعات تغییر اقلیم در مقیاس‌های گوناگون است(ولی‌زاده کامران و همکارن، ۱۳۹۶: ۳۸). واژه جزیره حرارتی اولین برای بار حدود یک قرن قبل و در سال ۱۸۳۳ توسط هاروارد مطرح شد. پس‌ازآن پژوهش‌های متعددی در شهرهای بزرگ و صنعتی جهان انجام گرفت که بیانگر این است که شهرنشینی موجب ایجاد تغییرات فراوان بر روی پارامترهای هواشناسی و ویژگی‌های سطح زمین شده و به‌تبع، تغییرات زیادی در وضع هوا و اقلیم محلی به وجود آورده است. افزایش دمای سطح زمین و شکل‌گیری جزایر حرارتی در مناطقی که بدون برنامه‌ریزی قبلی به شهر یا کلان‌شهر تبدیل‌شده‌اند، یکی از مشکلات زیست‌محیطی اساسی است .از روش‌های مطالعه دمای سطح زمین، روش‌های نوین سنجش‌ازدوری می‌باشند. مطالعات نشان می‌دهد که نقش سنجش‌ازدور حرارتی در مطالعه و برآورد دمای سطح زمین بسیار حائز اهمیت هست. داده‌های سنجش‌ازدور حرارتی امکان بررسی و تخمین دمای سطح زمین و همچنین جزایر حرارتی را فراهم می‌کند. از بین داده‌های حرارتی سنجش‌ازدور، تصاویر ماهواره‌ای جایگاه خاصی دارند و تصاویری همچون تصاویر لندست، استر، مو دیس و... در برآورد دمای سطح زمین به دلیل داشتن باندهای حرارتی می‌توانند مفید واقع شوند. در این تحقیق به‌منظور بررسی دمای سطح شهرستان مشگین‌شهر در یک بازه زمانی ۲۸ ساله، از تصاویر لندست ۸ برای سال ۲۰۱۵ و تصاویر لندست ۵ برای سال ۱۹۸۷ استفاده شده است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۲۰).

در سطح بین الملل تورسیلوواتی و همکاران[1] (۲۰۰۲)، در پژوهشی 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 گرفته‌شده در آن تحقیق طبقه‌بندی نظارت نشده، ماتریکس روی‌هم

1 Torsoilowati et al

گذاری، تحلیل‌های آماری پلات جعبه‌ای برای کاربری پوشش زمین و سنجش‌ازدور حرارتی برای تخمین 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 ۳۰ درجه سانتی‌گراد) در بخش مرکزی شهر جایی که ساختمان‌ها و جاده‌ها بیشتر بودند و سطوح بدون پوشش گیاهی مشاهده شده است. مالک و شاکلا[1] (۲۰۱۵) در تحقیقی با عنوان بازیابی دمای سطح زمین با استفاده از روش سنجش‌ازدور حرارتی و تکنیک‌های GIS در حوضه آبخیز Kandaihimmat، از باندهای ۱۰ و ۱۱ ماهواره لندست ۸ استفاده کرده‌اند و به این نتیجه دست یافتند که رابطه بین نتایج باند ۱۱ و اندازه‌گیری‌های زمینی در محل، نشان‌دهنده یک همبستگی قوی با (r^1=0.991) است. این مطالعه ثابت کرده است که دمای سطح زمین به‌دست‌آمده از باند ۱۱ ماهواره لندست ۸، دمای واقعی سطح منطقه مورد مطالعه است (ینسن[2]، ۲۰۱۵: ۱۲). فائق ابراهیم[3] (۲۰۱۷) در تحقیقی با عنوان تغییرات کاربری اراضی شهری/پوشش زمین و تأثیر آن بر دمای سطح زمین: مطالعه موردی شهر دحوک در منطقه کردستان عراق به این نتیجه رسیده‌اند که تغییرات کاربری اراضی شهری/پوشش زمین نقش مهمی در تشدید درجه حرارت سطح زمین دارد. بالاترین دما مربوط به زمین‌های بایر و مناطق محصور شده و کمترین دما مربوط به آب‌های موجود و جنگل‌ها است.

در ایران نیز امیری (۱۳۸۴) با بهره‌گیری از سنجش از دور به مطالعه و 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 سنجنده‌های TM و ETM ۱۹۸۹ 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 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. امینی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی بـه کمک سنجش از دور، تراکم و پراکنش مکانی پوشش گیاهی و دمای پوشش سطح زمین در استان همدان را مورد بررسی قرار دادند. ابتدا با پیش‌پردازش اطلاعات ۱۲ تصویر ماهواره‌ای ETM landsat 7+، ضریب بازتاب و تابش پوشش سطح زمین در باندهای مختلف را محاسبه کردند و شاخص گیاهی تعیین‌شده، تراکم، پراکنش پوشش گیاهی و دمای پوشش سطح زمین با استفاده از الگوریتم سبال برآورد نموده‌اند. نتایج نشان داد که دمای سطح زمین برآورد شده از اطلاعات سنجش‌ازدور، مطابقت قابل قبولی بـا آمار ثبت‌شده در ایستگاه‌های هواشناسی دارد که بین مقادیر دمای پوشش سطح برآورد شـده و اندازه‌گیری شده، اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. نتایج کلی نشان داد که الگوریتم سبال با ضریب همبستگی ۰/۷۵ ، ریشه میانگین مربعات خطای ۴/۵ درجه سانتی‌گراد و میانگین خطای مطلق ۴/۲ درجه سانتی‌گراد، از دقت قابل قبولی برخوردار است. احمدی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان تغییرات زمانی-مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM و ETM پرداخته‌اند. نتایج این

1 Malik & Shukla
2 Jensen
3 Faeq Ibrahim

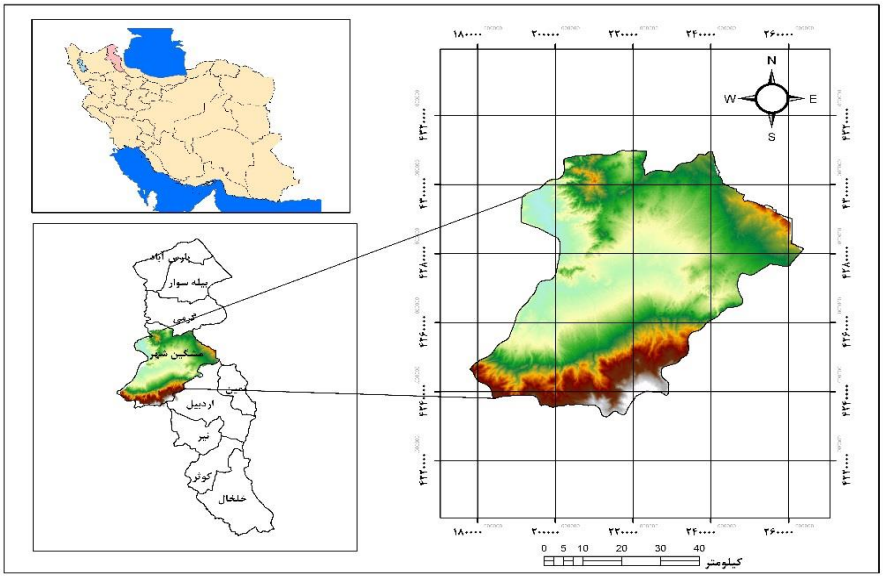
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

پژوهش نشان داد که سطوح بایر خاکی فاقد پوشش گیاهی حاشیه شهر بیشترین دما رادارند و در کاربری شهری نیز دمای بافت‌های فشرده بیشترین دما را دارا می‌باشند. ولی‌زاده کامران و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای باهدف بررسی دمای سطح زمین در شهرستان زنجان با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که بر مبنای داده‌های آماری به‌دست‌آمده ارتباط مناسب بین کاربری سطح زمین و حرارت سطح زمین وجود دارد بطوریکه، در مناطق نظامی و صنعتی شهر، به دلیل وجود کاربری‌ها و عواملی مانند سطوح غیرقابل نفوذ مانند آسفالت، بتن، پوشش گیاهی کم، گرمای ناشی از سوخت‌های فسیلی و افزایش آلودگی در این نواحی باعث ایجاد جزایر حرارتی شده است.

روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

مشگین‌شهر یکی از شهرهای معروف استان اردبیل است که در ۹۰ کیلومتری مرکز استان قرار دارد. در ارتفاع ۱۴۰۰ متری از سطح دریا قرار دارد. قله سبلان با بلندی ۴۸۱۱ متر بلندترین نقطه مشگین‌شهر است. سبلان از بلندترین کوه‌های ایران بوده و اکثراً از برف و یخ پوشیده شده و دارای چشمه‌های آب گرم و سرد بسیاری است. این شهرستان به‌صورت دشت وسیعی است که با شیب تند به زمین‌های پست شمالی محدود می‌شود. دامنه‌های شمالی و شمالی غربی مشکین‌شهر، توده‌های آتش‌فشانی سبلان است که به‌طور متوسط ۲۰۰۰ متر از سطح دریا ارتفاع داشته و بخش جنوبی مشکین‌شهر بوده و بلندترین و پرشیب‌ترین قسمت این شهرستان را شامل می‌شود. بلندی قسمت شمالی و غربی آن بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی شهرستان مشگین‌شهر در استان اردبیل را نشان می‌دهد.



شکل(۱). موقعیت شهرستان مشکین‌شهر در استان اردبیل

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]

[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

داده و روش کار

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل، تصویر ماهواره لندست ۸ که از سنجنده OLI آن به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی و از سنجنده TIRS آن به منظور استخراج دمای سطح زمین برای سال ۲۰۱۵ استفاده شد و همچنین از تصویر سنجنده TM لندست جهت تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از باندهای مرئی و مادون‌قرمز و دمای سطح با استفاده از باندهای حرارتی برای سال ۱۹۸۷ استفاده شد. همچنین به منظور بررسی دمای ثبت شده توسط ایستگاه‌ها، از داده‌های هواشناسی شهرستان استفاده شد. تصاویر در اواخر فصل بهار و اوایل فصل تابستان به خاطر عدم وجود پوشش‌های ابری و برفی و همچنین بالا بودن شدت تابش نور خورشید اخذ شد و همچنین برای به دست آوردن دقت بهتر از نرم‌افزار Google Earth استفاده شد. به منظور تصحیحات جوی و رادیو متریکی از نرم‌افزار ENVI 5.3 و به منظور استخراج نقشه‌های مربوطه از نرم‌افزار ArcGIS 10.5 استفاده شد. اطلاعات تصاویر اخذ شده از سایت زمین‌شناسی آمریکا در جدول ۱ ارائه شده است. بعد از اخذ تصاویر و انجام تصحیحات مربوطه بر روی تصاویر موردنظر، به منظور دست یافتن به نتایج مدنظر، مراحل زیر طی شد.

جدول(۱). اطلاعات تصاویر سنجنده لندست ۵ و ۸.

اطلاعات تصاویر مربوط به سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ ماهواره لندست (محدوده شهرستان مشکین‌شهر)						
نوع سنجنده	ستون	سطر	درصد پوشش ابر	زاویه خورشید	زمان(گرینویچ)	تاریخ
لندست-۸	۱۶۷	۰۳۳	۰/۰۰۰۰	۹۰۵۹۶۳۶۷/۱۲۴	۷:۲۵:۱۰	۲۰۱۵/۰۶/۲۳
لندست-۵	۱۶۷	۰۳۳	۰/۰۰۰۰	۳۹۱۸۸۷۳۱/۱۱۴	۰۶:۵۰:۱۸	۱۹۸۷/۰۶/۱۰

(منبع: متادیتا تصاویر)

شاخص NDVI

این شاخص طیفی برای مطالعه پوشش گیاهی از جهت میزان کلروفیل موجود در آن طراحی‌شده است. هرچه میزان کلروفیل موجود در گیاه بیشتر باشد به همان میزان شاخص NDVI افزایش پیدا می‌کند. بازه مقادیر در شاخص NDVI بین منفی یک تا مثبت یک متغیر است .عموماً مقادیر کمتر از صفر به‌عنوان 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 نشان‌دهنده پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه است (ینسن، ۲۰۱۵: ۱۴). در این پژوهش به‌منظور به دست آوردن دقت بالاتر در طبقه‌بندی از این شاخص به‌عنوان یکی از پارامترها استفاده شد. این شاخص با استفاده از رابطه(۱) به دست می‌آید.

رابطه(۱)

$$NDVI = \left(B_{NIR} - B_{RED}\right) / \left(B_{NIR} + B_{RED}\right)$$

در رابطه(۱) B_{NIR} باند مادون‌قرمز نزدیک و B_{RED} باند قرمز است.

پس از آزمودن خطاها، 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 (کشاورزی دیم

و آبی، مرتع، جنگل، مسکونی و آب) برای سال ۱۹۸۷ و ۶ کلاس(کشاورزی دیم و آبی، مرتع، جنگل، مسکونی و آب) برای سال ۲۰۱۵ انتخاب شدند. برای این منظور در دو مرحله، محاسبه دمای روشنایی از سطح تصویر به شرح زیر صورت گرفت.

الف) تبدیل اعداد رقومی باند ۶ به رادیانس براین اساس در فایل تصویر LMax و LMin در این رابطه؛ برای هر باند مقداری مشخص هستند(کائو و همکاران). این مقادیر برای باند Min Qcal حرارتی در تصویر مورد استفاده برابر، کمترین عدد QcalMax رقومی برابر صفر و بزرگ‌ترین عدد رقومی برابر، ۲۵۵ QcalMin برابر است با مقدار عدد رقومی هر باند (اشرف و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۹).

ب) تبدیل رادیانس طیفی به دمای درخشندگی برحسب کلوین با استفاده از رکه در این رابطه؛ T دمای روشنایی سنجنده برحسب کلوین، Lλ رادیانس طیفی باند ۶، مقادیر K1 و K2 ثابت مقادیر برای سنجنده-ی TM به ترتیب برابر ۶۶۶/۰۹ و ۱۲۸۲/۷۱ است.

استخراج دمای سطح زمین

از عناصر مهم در مطالعه محیط حرارتی شهرها دمای سطح زمین است. جهت مطالعه‌ی دمای سطح شهرها مدل-های عددی و فیزیکی پیشرفته‌ای توسعه داده‌شده است. مدل‌های نامبرده شامل بیلان انرژی، آزمایشگاهی، گاوسین و شبیه‌سازی‌های دیگری هستند. 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(فائق ابراهیم، ۲۰۱۷: ۶). دمای سطح زمین به‌عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت آب‌وهواست. در سنجش‌ازدور دمای سطح زمین را که بالای جو به‌وسیله 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 (لی و همکاران[۱]، ۲۰۱۴: ۶۷۵). برای تعیین دمای واقعی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون الگوریتم پنجره مجزا استفاده می‌شود و در این تحقیق نیز به‌منظور 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 به‌طور گسترده در بازیابی قابلیت انتشار سطح زمین از چند سنسور استفاده می‌کند. بعد از انجام طبقه‌بندی مربوطه و استخراج نقشه کاربری اراضی و تغییرات کاربری اراضی، به‌منظور محاسبه دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه اقدام شد. در همین راستا از باند ۱۰ حرارتی سنجنده لندست ۸ و باند ۶ سنجنده لندست ۵ استفاده شد. در اولین مرحله شاخص NDVI مورداستفاده است و بقیه مراحل به ترتیب زیر به‌منظور استخراج دمای سطح زمین طی شد.

برآورد دمای روشنایی

برای محاسبه دمای روشنایی ابتدا باید داده‌های مادون‌قرمز حرارتی به رادیانس تبدیل شد. درواقع بعد از انجام کالیبراسیون و پس از استفاده از عکس قانون پلانک (برای تبدیل رادیانس به دمای روشنایی) لازم است تصحیحات

۱ Li et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

اتمسفری انجام و دمای روشنایی به دمای واقعی تبدیل شود (علوی پناه، ۱۳۹۰: ۳۹). برای تبدیل واریانس طیفی به دمای جسم سیاه از رابطه‌ی پلانک برای تبدیل مقادیر تابش طیفی به دمای جسم سیاه استفاده شد. داده‌های باند حرارتی 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:

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

T = دمای روشنایی ماهواره‌بر حسب کلوین، K2- K1 = ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود در متادیتا، Lλ = درخشندگی جو بالا.

برآورد قابلیت انتشار سطح زمین (Land surface Emissivity)

یکی دیگر از معیارهایی که برای محاسبه دمای سطح زمین لازم و ضروری است برآورد قابلیت انتشار در سطح زمین است. این معیار به‌صورت جداگانه در هر دو باند حرارتی ماهواره لندست ۸ و باند حرارتی لندست ۵ برای گیاه و خاک با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد (درویشی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۰).

$$LSE \ = \ Es \ \ (1-FVC) \ + \ Ev \ *FVC$$ رابطه(۳)

LSE = قابلیت انتشار سطح زمین، Es-v = انتشار گیاه و خاک برای باندهای حرارتی طبق

FVC = نسبت پوشش گیاهی

محاسبه نهایی دمای سطح زمین با روش Single Channel(LST)

این الگوریتم از جمله روش‌های دقیق و مؤثر در برآورد دمای سطح زمین است. ویژگی مهم این روش، حذف اثرات جوی است. با توجه به این‌که 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 طریق روابط(۴ و ۵) محاسبه می‌شود (بنالی و همکاران[۱]، ۲۰۱۲: ۱۱۲).

$$LST = TB_{10} + C_1\left(TB_{10} - TB_{11}\right) C2 \left(TB_{10} - TB_{11}\right)2 + C_0 + \left(C_3 + C4W\right) \left(C_5 + C_6W\right) \Delta\varepsilon\left(1+\varepsilon\right)$$ رابطه(۴)

$$\varepsilon = \text{mean LSE}, \ \Delta\varepsilon = \text{LSE difference}$$ رابطه(۵)

TB = باندهای حرارتی، C = کانال‌های حرارتی، W = مقدار بخارآب موجود در جو.

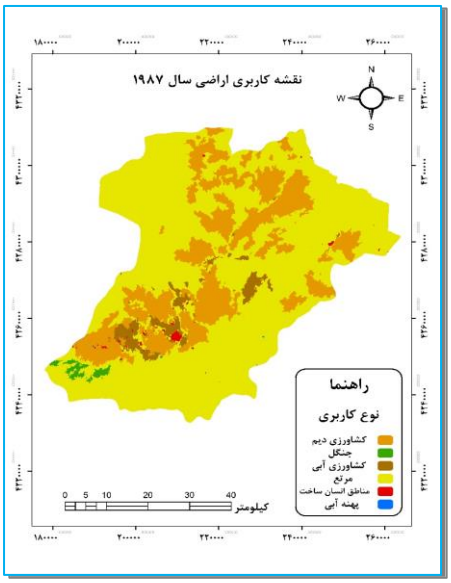
نتایج

در این پژوهش به‌منظور پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM ماهواره لندست اقدام شد. در ابتدا به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، نقشه کاربری اراضی شهرستان مشکین‌شهر برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ تهیه شد. لازم به ذکر است که تهیه نقشه کاربری

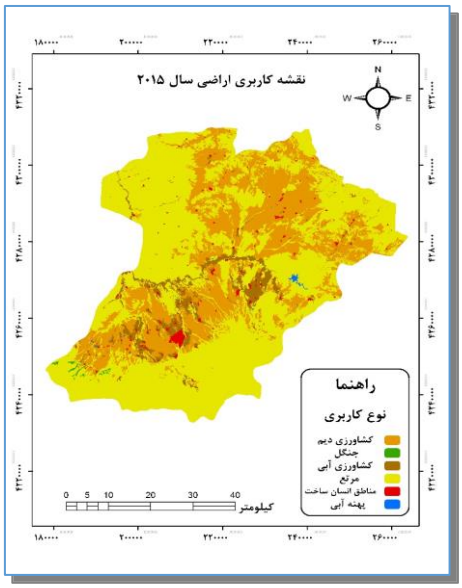
۱ Benali et al

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

اراضی در نرم‌افزار ENVI 5.3 و به روش نظارت‌شده صورت پذیرفت و خروجی‌های مورد نظر نیز در نرم‌افزار ArcGIS 10.5 تهیه شد. اشکال (۲ و ۳) نقشه کاربری اراضی 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 کاربری اراضی سال‌های ۱۹۸۷



شکل(۳). نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی سال ۲۰۱۵

همان‌طور که از جدول (۲) مشخص است بیشترین مساحت در سال ۱۹۸۷ متعلق به کلاس مرتع با ۲۶۶۹۷۸/۲۸ هکتار مساحت است. دومین مساحت مربوط به کلاس کشاورزی دیم است که با ۸۸۷۳۱/۱۹ هکتار بیشترین مساحت را دارا است. کمترین مساحت نیز متعلق به کاربری آب با ۵۳/۰۹ هکتار است. با نگاهی به کاربری‌های سال ۲۰۱۵ نتایج به‌دست‌آمده تفاوت‌های چشمگیری را نشان داد به صورتی که بیشترین افزایش مساحت را کاربری کشاورزی دیم با ۲۱۸۴۶/۶۸ هکتار افزایش دارا است که نسبت به سال ۱۹۸۷ افزایش چشمگیری را داشته است. همچنین کاربری‌های کشاورزی آبی، مسکونی و آب به ترتیب دارای ۸۲۱۵/۲۳، ۲۹۱۳/۷۳ و ۳۷۰/۶۸ هکتار افزایش مساحت بوده‌اند. از سوی دیگر کاربری مرتع با ۳۱۲۹۵/۱۳ هکتار و کاربری جنگل با ۱۹۵۴/۹۹ هکتار کاهش مساحت مواجه بوده‌اند. افزایش مساحت کاربری شهری همزمان با کاهش کاربری مرتع و کاربری جنگل نشان از جایگزینی کاربری‌ها و تغییرات آن‌ها است.

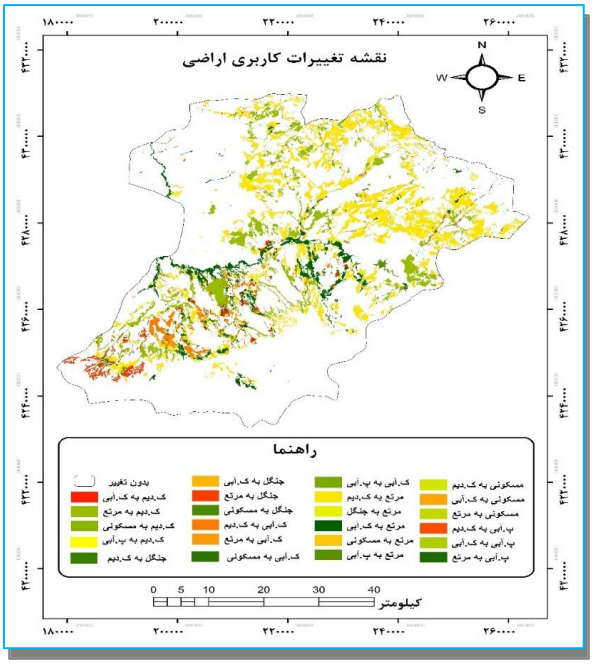
جدول(۲). مساحت کاربری‌های اراضی در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵(منبع: نویسنده)

نوع کلاس	۱۹۸۷(هکتار)	۲۰۱۵(هکتار)
کشاورزی دیم	۸۸۷۳۱/۱۹	۱۱۰۵۷۷/۸۷
جنگل	۲۵۴۵/۸۳	۵۹۰/۸۴
کشاورزی آبی	۱۱۳۸۵/۴۵	۱۹۶۰۰/۶۸
مرتع	۲۶۶۹۷۸/۲۸	۲۳۵۶۸۳/۱۵
مسکونی	۱۱۸۹/۵۸	۴۱۰۳/۳۱

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

آب	۵۳/۰۹	۴۲۳/۷۷
جمع کل	۳۷۰۸۸۳/۶۴	۳۷۰۹۷۷/۶۴

براساس جدول (۳) بیشترین میزان تغییر کاربری مربوط به کلاس مرتع به کشاورزی دیم است که نشان‌دهنده تخریب مراتع است. در همین راستا در جهت گسترش کاربری مسکونی شهرستان مشگین‌شهر بیشترین پیشروی بر روی کلاس مرتع بوده است که نشان‌دهنده نوع گسترش شهر و تخریب هرچه بیشتر مراتع است. شکل (۴).



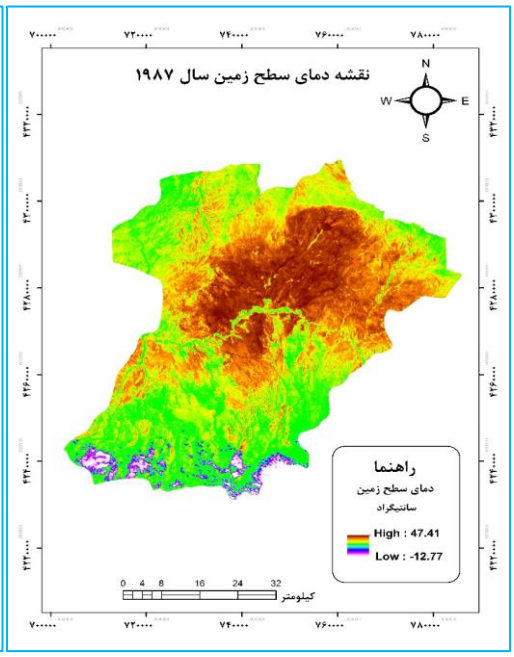
شکل(۴). تغییرات کاربری اراضی شهرستان مشکین‌شهر

جدول(۳). مساحت کاربری‌های تغییریافته

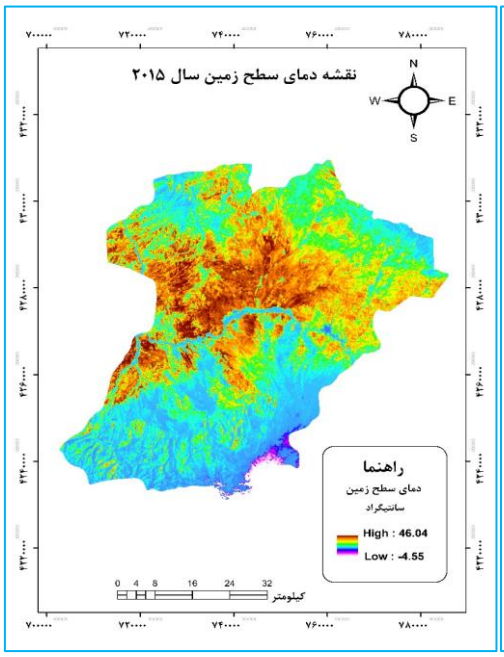
کاربری‌های تغییریافته	مساحت(هکتار)	کاربری‌های تغییریافته	مساحت(هکتار)
کشاورزی دیم به کشاورزی دیم	۷/۶۶۸۲۴	مرتع به کشاورزی دیم	۶۹/۴۰۵۶۵
کشاورزی دیم به کشاورزی آبی	۳۸/۲۰۹۲	مرتع به جنگل	۶۳/۱
کشاورزی دیم به مرتع	۸/۱۸۸۶۱	مرتع به کشاورزی آبی	۷۹/۱۰۱۱۵
کشاورزی دیم به مسکونی	۲/۹۲۲	مرتع به مرتع	۲۱۳۹۴۸
کشاورزی دیم به آب	۳/۳۰	مرتع به مسکونی	۲۶/۱۹۸
جنگل به کشاورزی دیم	۶۱/۱۶۲	مرتع به آب	۵۷/۳۶۶
جنگل به جنگل	۲۱/۵۸۹	مسکونی به کشاورزی دیم	۳۸/۳۲۴
جنگل به کشاورزی آبی	۱۳/۴۹	مسکونی به کشاورزی آبی	۸۳/۱۴۱
جنگل به مرتع	۸/۱۷۲۵	مسکونی به مرتع	۴/۹۰
جنگل به مسکونی	۷/۱۹	مسکونی به مسکونی	۹۵/۶۳۲
کشاورز آبی به کشاورزی دیم	۶۵/۲۶۸۱	آب به کشاورزی دیم	۴۱/۱۲
کشاورزی آبی به کشاورزی آبی	۷/۷۱۹۶	آب به کشاورزی آبی	۸۵/۱
کشاورزی آبی به مرتع	۸۴/۹۴۱	آب به مرتع	۳۵/۲۸
کشاورزی آبی به مسکونی	۵۵/۵۴۸	آب به آب	۴۸/۱۰
کشاورزی آبی به آب	۶۷/۱۶	ــــ	ــــ

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

بعد از استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی به‌منظور استخراج دمای سطح زمین در بازه زمانی مورد نظر(۱۹۸۷-۲۰۱۵) اقدام شد و نقشه حاصل از آن نیز استخراج گردید اشکال (۵ و ۶).



شکل(۵). نقشه دمای سطح زمین سال ۱۹۸۷



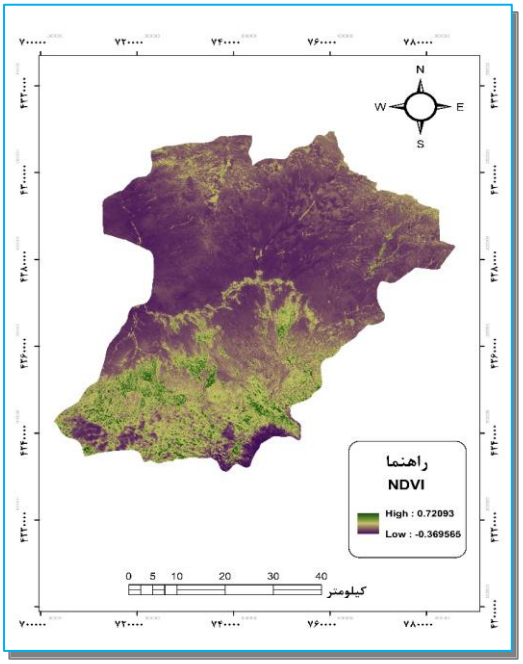
شکل(۶). نقشه دمای سطح زمین سال ۲۰۱۵

رابطه دمای سطح زمین با پوشش گیاهی(NDVI)

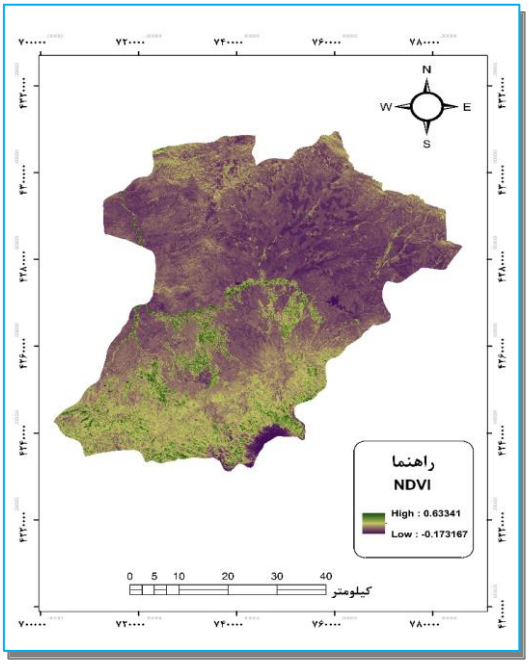
پوشش گیاهی عامل عمده نقل و انتقال انرژی بین زیست‌کره و جو محسوب می‌شود که آثار متفاوتی بر عناصر هواشناختی مناطق پیرامون خود دارد. بخشی از برهمکنش‌های سطح زمین و جو تحت تأثیر پوشش گیاهی است. ازاین‌رو، پوشش گیاهی بر اثربخشی در فرایندهای اقلیمی، نظیر انتقال انرژی از طریق دمای هوا، رطوبت نسبی، بارش، تابش و پوشش ابر یکی از عوامل مهم در تغییرپذیری اقلیم کره 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 زمینه‌ی بررسی ارتباط بین پوشش گیاهی با دمای سطح زمین و آلبدوی سطحی انجام‌گرفته است. لی و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای در ناحیه پوشش گیاهی توندرا نشان داده‌شده است 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 به‌عنوان دوره 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 پدیده تعرق صورت می‌پذیرد. در این شرایط آب به‌صورت بخارآب و از محل روزنه‌ها به خارج از گیاه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

منتقل می‌شود. ژانگ[1] و همکاران (۲۰۰۲) پژوهشی نشان داده‌اند که شیب تغییرات دمای سطح زمین وابسته به مقدار سبزینگی است. همچنین، عامل سایه و رطوبت خاک و هوموس در مناطق با پوشش گیاهی نیز موجب کاهش دمای سطحی و آلبدوی سطحی می‌شود. از طرفی، مقادیر آلبدوی سطحی در نواحی دارای پوشش گیاهی کمتر از نواحی فاقد پوشش گیاهی است، به‌طوری‌که مقادیر انرژی بازتاب شده در حدود ۱۱ درصد و مناطق بدون پوشش گیاهی حدود ۳۱ درصد است. در این پژوهش نیز با بررسی رابطه بین دمای سطحی و پوشش گیاهی با استناد بر داده‌های آماری مشخص شد که ارتباط قوی بین دمای سطح زمین و پوشش گیاهی برقرار است. به این صورت که نواحی عاری از پوشش گیاهی دارای دمای سطحی بالاتری نسبت به نواحی است که دارای پوشش گیاهی می‌باشند. نواحی دارای پوشش گیاهی همچون جنگل برای سال ۱۹۸۷ دارای میانگین دمای ۱۶/۹ درجه است در حالی‌که در این سال نواحی بدون پوشش گیاهی همچون مناطق شهری دارای میانگین دمایی حدود ۲۴/۷ درجه سانتی‌گراد است که نشان از تأثیر پوشش گیاهی بر دمای سطحی است. همچنین در سال ۲۰۱۵ نیز همین فرآیند مشاهده می‌شود به‌طوری‌که کاربری جنگل دارای میانگین دمای ۲۰ درجه بوده درحالی‌که کاربری شهری عاری از پوشش گیاهی دارای میانگین دمای ۲۳/۵ درجه سانتی‌گراد بوده است. به دلیل اهمیت نقش پوشش گیاهی در دمای سطح زمین، نقشه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه نیز استخراج شد تا به این طریق درک بهتری از رابطه پوشش گیاهی با دمای سطح زمین به دست آید. اشکال(۷ و ۸).



شکل(۷). نقشه نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی سال ۱۹۸۷



شکل(۸). نقشه نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی سال ۲۰۱۵

1 Zhang

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

تحلیل رابطه کاربری اراضی و دمای سطحی

نقشه دمای سطح زمین در اشکال (۵ و ۶)، نمایش داده شده است. همان‌طور که در اشکال فوق مشخص است بیشترین میانگین دما در سال ۱۹۸۷ برای کاربری کشاورزی دیم ثبت‌شده است و کمترین میانگین دما نیز برای محدوده آب ثبت‌شده است. باملاحظه نقشه کاربری اراضی و نقشه دمای سطحی سال ۲۰۱۵ نیز، تحلیل فوق ثابت می‌شود و همان‌طور که مشخص است بیشترین میانگین دما در این سال نیز متعلق به کاربری کشاورزی دیم با ۳۱ درجه سانتی‌گراد است. کمترین میانگین دمای ثبت‌شده نیز مربوط به کاربری آب با ۲۰,۱۴ درجه سانتی‌گراد است. بدنه‌های آبی در این محدوده به دو شکل مناطق رودخانه با عمق و آب کم (اکثراً رودخانه داخل شهری) و به‌صورت دریاچه‌ای(سدهای احداث‌شده) است. با توجه به اینکه آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی است، نواحی عمیق دارای دمای سطحی کمتری نسبت به نواحی کم‌عمق می‌باشند. بنابراین، انحراف معیار به‌دست‌آمده از دمای سطحی این کاربری با توجه به دمای استخراج‌شده در نواحی کم‌عمق و عمیق است. جداول (۴ و ۵) دمای سطحی هر یک از کاربری‌ها را برای سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ نمایش می‌دهد.

جدول(۴). مشخصات آماری دمای سطحی کاربری‌ها سال ۱۹۸۷(منبع: نویسنده)

کاربری	دمای حداقل (C)	دمای حداکثر (C)	میانگین (C)	انحراف معیار
کشاورزی دیم	-۱۰/۶۹	۴۱/۸۴	۳۴/۶۱	۶/۷۹
جنگل	-۹/۱۸	۳۵/۵۱	۱۶/۹۴	۱۰/۷
کشاورزی آبی	۶/۵۸	۴۲/۹۸	۲۴/۳۹	۳/۵۹
مرتع	-۱۲/۷۷	۴۷/۴۱	۲۸/۵۹	۹/۴۱
مسکونی	۲۱/۵	۴۰/۳۲	۲۴/۷۲	۲/۰۴
آب	۷/۹۹	۳۱/۰۵	۱۸/۱۱	۱۰/۷

جدول(۵). مشخصات آماری دمای سطحی کاربری‌ها سال ۲۰۱۵(منبع: نویسنده)

کاربری	دمای حداقل (C)	دمای حداکثر (C)	میانگین (C)	انحراف معیار
کشاورزی دیم	۱۹/۸۴	۴۵/۱۷	۳۰/۹۴	۶/۱۷
جنگل	۱۹/۳۸	۲۴/۷۴	۲۰/۲۶	۰/۴۵
کشاورزی آبی	۱۹/۷۱	۴۲/۰۶	۲۲/۳	۲/۹۵
مرتع	-۴/۵۵	۴۶/۰۴	۲۸/۱۷	۷/۶
مسکونی	۲۰/۰۸	۴۴/۵۶	۲۳/۶۷	۴/۶۸
آب	۷/۱۹	۸/۳۴	۲۰/۱۴	۱/۵۱

همان‌طور که از جداول (۴ و ۵) مشخص است در صورت مقایسه دمای سطحی هردو سال مربوط به شهرستان مشکین‌شهر چنین برداشت می‌شود که کاربری آب نسبت به سال ۱۹۸۷ دارای افزایش دما بوده است و این‌چنین برداشت می‌شود این افزایش دما باعث کاهش سطح آب سدها بوده است و همچنین باعث کاهش حجم آب رودخانه‌ها بوده و حتی باعث خشک شدن 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 است. بعد از کاربری آب از جمله کاربری‌های جالب توجه که لازم به

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

تحلیل و علت جویی آن است کاربری کشاورزی دیم است که دارای کاهش دما نسبت به سال ۱۹۸۷ است. این کاربری در سال ۱۹۸۷ بیشترین دما را دارا بوده است اما در سال ۲۰۱۵ با کاهش دما مواجه شده است کما این‌که در همین سال ۲۰۱۵ نیز نسبت به سایر کاربری‌ها دارای بیشترین دمای سطحی بوده است. علت آن را می‌توان در عامل برداشت محصول دانست. با توجه به اینکه محصولات دیمی محدوده مورد مطالعه اغلب گندم بوده و در این زمان از فصل، بیشتر گندم‌ها رسیده و یا برداشت می‌شوند، بنابراین تبخیر و تعرق این محصولات ناچیز است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۲۰). 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 در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ تقریباً برابر است. با این توجیه می‌توان استنباط کرد که محصولات این کاربری در سال ۱۹۸۷ برداشت شده‌اند و همین امر باعث شده که انرژی تابشی گسیل‌شده بیشتری دریافت شود اما در سال ۲۰۱۵ به دلیل برداشت نشدن محصولات و یا برداشت کم آن‌ها، توان تبخیر و تعرق در گیاهان بیشتر بوده و همین امر باعث خنک نگه‌داشتن دمای سطح شده است. کاربری مرتع در هر دو سال مورد مطالعه، دمای بالایی را داشته است و اختلاف ناچیزی بین هردو سال مشاهده می‌شود. دلیل بالا بودن دمای این کاربری، با توجه به فصل مورد مطالعه که مرداد ماه است، ازدیاد نواحی عاری از پوشش گیاهی یا پوشش گیاهی ناچیز و پراکنده است. 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 قابل‌ذکر 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 تبخیر و تعرق در کاربری مرتع باعث افزایش دمای آن شود و همچنین انرژی تابشی بیشتری را دریافت و در خود ذخیره کند. در نواحی که دامنه‌ی مرتعی رو به آفتاب هستند و پوشش گیاهی غیر متراکم است، دمای سطحی بیشینه حاکم است. از سوی دیگر زیر صفر درجه سانتی‌گراد بودن دمای سطحی حداقل برای کاربری مرتع در این فصل از سال، وجود رشته‌کوه سبلان در این منطقه و در نظر گرفتن این رشته‌کوه به‌عنوان کاربری مرتع در طبقه‌بندی است. زیرا رشته‌کوه سبلان در اکثر ایام سال دارای دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد و یخبندان است به‌گونه‌ای که تا اوایل شهریور قله این رشته‌کوه پوشیده از برف است.

ارزیابی دمای به‌دست‌آمده با داده‌های زمینی

مقادیر دمای اندازه‌گیری شده توسط ایستگاه هواشناسی شهرستان اردبیل و مشگین‌شهر به ترتیب برای هر دو سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ در جدول(۶) نمایش داده شده است. به دلیل نبود ایستگاه هواشناسی در سال ۱۹۸۷ در شهرستان مشگین‌شهر و یا عدم ثبت اطلاعات در آن زمان از ایستگاه هواشناسی اردبیل استفاده شد که دلیل انتخاب ایستگاه هواشناسی اردبیل، نزدیکی و همسایگی با منطقه مورد مطالعه بود. 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 است ماه مد نظر ما نیز مرداد است. 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 رادیو متریکی هر یک از تصاویر است. هر سنجنده‌ای که وظیفه تصویربرداری از سطح زمین را بر عهده

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

دارد، دارای ویژگی‌های خاص و متناسب به خود است. یکی از این ویژگی‌ها کیفیت تصاویری است که برداشت می‌کند. این کیفیت تصاویر در سنجش‌ازدور با عنوان توان تفکیک و یا قدرت تفکیک یا رزولوشن شناخته می‌شود. تعداد بیت‌های اختصاص داده‌شده در دیتاها تعریف می‌شود. یعنی تا چه حد یک تصویر می‌تواند انرژی‌های الکترومغناطیس را شناسایی کند. هرچقدر یک تصویر از توان تفکیک رادیو متریک بالاتری برخوردار باشد، از توان شناسایی انرژی‌های بالاتر و بیشتری را برخوردار است. با این تفسیر و توضیح می‌توان به تفاوت بین تصاویر سنجنده لندست ۵ (۸بیتی) با تصاویر اخذ شده سنجنده لندست ۸ (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 است. به این معنا که سنجنده‌ها بعد از مدت‌زمان 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 اتفاق نمی‌افتد و این عوامل(هرچند کم) تأثیراتی بر روی تصویر نهایی می‌گذارند (ولی‌زاده کامران و همکارن، ۱۳۹۶: ۳۹). درنهایت دمای اخذ شده توسط ایستگاه‌های زمینی و تصاویر در جدول (۶) نمایش داده شده است.

جدول(۶). داده‌های زمینی و مقادیر ثبت‌شده در تصاویر ماهواره‌ای

سال مورد بررسی	داده‌های زمینی	تصاویر ماهواره‌ای	ایستگاه هواشناسی
۱۹۸۷	۱۷/۵	۲۵/۲۳	اردبیل
۲۰۱۵	۲۲/۶	۲۴/۲۵	مشکین‌شهر

صحت‌سنجی نتایج تحقیق

لازمه استفاده از هر نوع اطلاعات موضوعی، آگاهی از میزان صحت و درستی آن است (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۸۹: ۷۹). به همین منظور برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی، به محاسبه دقت کاربر، صحت کلی و ضریب کاپا در جدول (۷) پرداخته شد.

جدول(۷). اطلاعات طبقه‌بندی کاربری اراضی(صحت‌سنجی)

سال ۲۰۱۵			سال ۱۹۸۷		
کلاس	**دقت کاربر٪**	**دقت تولیدکننده٪**	**دقت تولیدکننده٪**	**دقت کاربر٪**	**کلاس**
جنگل	۱۰۰	۱۰۰	۹۸	۹۶	جنگل
کشاورزی دیم	۱۰۰	۱۰۰	۹۸	۹۷	کشاورزی دیم
کشاورزی آبی	۱۰۰	۱۰۰	۹۹	۹۷	کشاورزی آبی
شهری	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	شهری
مرتع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹	مرتع
آب	۱۰۰	۱۰۰	-	-	-
صحت کلی	**٪۱۰۰**		صحت کلی	٪۹۸	
ضریب کاپا	**۰,۹۹**		ضریب کاپا	۰,۹۵	

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

صحت کلی برابر با نسبت تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده یک طبقه به‌کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی‌شده در تمامی طبقات است. ماتریس خطا میزان تطابق هر کلاس طبقه‌بندی‌شده را با واقعیت زمینی نشان می‌دهد و در آن می‌توان میزان قرار گرفتن اشتباهی یک طبقه را در طبقات دیگر مشاهده کرد. قطر ماتریس خطا درصد کلاس‌های درست طبقه‌بندی‌شده و سایر سلول‌های آن میزان خطای کمیسیون (ردیف هر طبقه در ماتریس خطا) و خطای امیسیون (ستون هر طبقه در ماتریس خطا) را نشان می‌دهد. ضریب کاپا نیز تشریح کننده میزان تطابق بین نتایج طبقه‌بندی و واقعیت زمینی است با توجه به این نکته که تطابق‌های اتفاقی به وجود آمده، از ملاحظات حذف می‌شوند. همان‌طور که در جدول(۷) ملاحظه می‌شود دقت طبقه‌بندی در سال ۲۰۱۵ در دقیق‌ترین نوع خود یعنی ۱۰۰% صحت کلی و ۰,۹۹ ضریب کاپا استخراج‌شده است. در حالی‌که طبقه‌بندی در سال ۱۹۸۷ به نسب دقت پایین‌تری را ارائه داده است که دلیل این پایین بودن دقت، توان تفکیک رادیو متریکی تصویر سال ۱۹۸۷ است. چراکه تصاویر TM از توان تفکیک پایین‌تری (۸ بیت) نسبت به تصاویر OLI (۱۲بیت) برخوردار می‌باشند.

نتیجه‌گیری

اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن درگذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری است. به همین دلیل در این پژوهش در اولین قدم به‌منظور طبقه‌بندی و سپس بررسی تغییرات حادث‌شده در یک بازه زمانی مشخص در سطح شهرستان مشکین‌شهر اقدام شد. به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر مربوطه از شهرستان مشگین‌شهر از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده در نرم‌افزار ENVI5.3 استفاده شد و خروجی‌های مربوطه در نرم‌افزار ARCGIS10.5 استخراج شد. نتایج طبقه‌بندی نشان داد که طبقه‌بندی برای سال ۲۰۱۵ از دقت بسیار بالایی برخوردار است به‌طوری‌که صحت کلی و ضریب کاپای استخراج‌شده در بالاترین سطح ممکن یعنی ۱۰۰ درصد برای هردو دقت است. در به دست آوردن این دقت عواملی همچون وضوح‌بالای تصویر و همچنین به‌کارگیری الگوریتم‌هایی اعم از شکل، بافت، خاک و پوشش گیاهی دخیل می‌باشند. نتایج طبقه‌بندی با همین روش برای سال ۱۹۸۷ نیز با دقت کمتر استخراج شد و صحت کلی برای سال ۱۹۸۷، ۹۸ درصد و ضریب کاپای ۹۵ درصد انجام شد. بعد از طبقه‌بندی به‌منظور بررسی تغییرات حادث‌شده در سطح منطقه در یک بازه زمانی ۲۸ ساله اقدام شد و نقشه تغییرات کاربری اراضی برای سطح شهرستان مشگین‌شهر ایجاد شد شکل(۴) و همچنین تغییرات حادث‌شده در هر کاربری نیز در جدول(۳) برحسب هکتار استخراج شد. بیشترین کاربری تغییریافته در این شهرستان، کاربری مرتع به کشاورزی دیم بوده است. این تغییر نشان می‌دهد که افزایش کاربری کشاورزی دیم در این شهرستان با کاهش کاربری مرتع همراه بوده است که نشان‌دهنده تخریب مراتع 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. به همین دلیل پویایی فضایی و زمانی دمای سطح زمین در ارتباط با کاربری اراضی از طریق پایش داده‌های تصاویر ماهواره لندست مورد مطالعه قرار گرفت. دمای سطح زمین از جمله پارامترهای اصلی در مطالعه شهرهاست. چراکه تقریباً با دمای هوای لایه‌های پایینی جو شهری که مرکز موازنه انرژی سطح است و تعیین‌کننده اقلیم میان ساختمان‌ها و مؤثر بر زندگی و آسایش ساکنان شهری است، برابری می‌کند. نتایج به‌دست‌آمده در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که دمای سطحی در هر محدوده‌ای از

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

زمین متأثر از عوامل سطحی و خصوصیات آن است. نتایج این تحقیق هم نشان می‌دهد که دمای به‌دست‌آمده با توجه به کاربری‌های مختلف، متفاوت است. همان‌طور که از اشکال(۵ و ۶) و داده‌های آماری جداول(۵ و ۶) مشخص است، بیشترین دمای ثبت‌شده برای شهرستان مشگین‌شهر در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به کاربری کشاورزی دیم به ترتیب با ۳۴ و ۳۱ درجه سانتی‌گراد است که نشان از تمرکز حرارت در این مناطق است. این کاربری به دلیل عواملی از جمله خشک بودن محصولات در این زمان و برداشت محصولات بیشترین دما را دارا است. از سوی دیگر با توسعه شهرنشینی شهرستان مشگین‌شهر، بخش قابل‌توجهی از مساحت مناطق طبیعی و جنگلی، جای خود را به مناطق صنعتی، ساختمان‌ها و سایر زیرساخت‌ها 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 زیست‌محیطی 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 مصرف‌شده 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 خرد اقلیم‌های متفاوت و بالا بودن گرمایش شهری نسبت به اطراف آن در سطح شهر خواهد بود. کمترین دمای ثبت‌شده در شهرستان مشگین‌شهر نیز مربوط به کاربری آب است. بدنه‌های آبی در این محدوده به دو شکل مناطق رودخانه با عمق و آب کم (اکثراً رودخانه داخل شهری) و به‌صورت دریاچه‌ای(سدهای احداث‌شده) است. با توجه به اینکه آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی است، نواحی عمیق دارای دمای سطحی کمتری نسبت به نواحی کم‌عمق می‌باشند. بنابراین، انحراف معیار به‌دست‌آمده از دمای سطحی این کاربری با توجه به دمای استخراج‌شده در نواحی کم‌عمق و عمیق است.

فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی مشابه به بررسی دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم پنجره مجزا پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین رابطه قوی وجود دارد چنان‌که مناطق دارای پوشش گیاهی دارای حداقل دما و مناطق عاری از پوشش گیاهی دارای حداکثر دما می‌باشند که نشان از نقش و اهمیت پوشش گیاهی در منطقه است. در پژوهشی دیگر، درویشی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی دمای سطح زمین با استفاده از تأثیر شاخص‌های گیاهی و خصوصیات سطح شهری پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بیشترین دما در طبقات با پوشش گیاهی ضعیف و کمترین دما در طبقات با پوشش گیاهی متراکم رخداده است. بنابراین کاهش پوشش گیاهی و رشد نواحی مسکونی نقش مؤثری در افزایش دمای سطح زمین دارد. احمدی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور پرداختند. نتایج نشان داد که ضریب همبستگی دمای سطحی زمین (استخراج‌شده از تصویر) با دمای هوای ایستگاه‌های هواشناسی ۰/۷۹ و همبستگی دمای هوای ایستگاه‌ها با دمای هوای استخراج‌شده از تصویر ۰/۹۹ است.

درنهایت از مزایا و کاربردهای این تحقیق می‌توان به کاربرد آن درزمینه‌ی مختلف همچون کشاورزی، عمران، آب و هواشناسی، زمین‌شناسی، نقشه‌برداری، آبخیزداری و سایر رشته‌هایی اشاره کرد که به نحوی با داده‌های دمایی و همچنین با کاربری‌های زمین و علوم زمین در ارتباط است. شایان‌ذکر است که دمای ثبت‌شده توسط

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

ایستگاه‌های هواشناسی تنها مربوط به یک محدوده خاص است و نمی‌توان آن را برای تمامی مناطق سطح یک منطقه به کاربرد و همچنین مناطقی نیز وجود دارند که به علت صعب‌العبور بودن امکان به دست آوردن دمای آن غیرممکن یا بسیار هزینه‌بر است. درحالی‌که با استفاده از تکنولوژی سنجش‌ازدور 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 به‌منظور کسب اطلاعات از دمای سطح زمین، کاربری زمین و همچنین تغییرات حادث‌شده در سطح منطقه قرار گیرد و با اتخاذ سیاست‌های مطلوب و درست به پیش‌بینی وضع آینده نیز اقدام کنند.

منابع

احمدی، بهروز. قربانی، اردوان. صفرراد، طاهر. سبحانی، بهروز. (۱۳۹۴)، **برر سی دمای سطح زمین در رابطه با کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور**. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۱): ۷۷-۶۱.

امیری، رضا. (۱۳۸۴)، **مطالعه تغییرپذیری داده‌های حرارتی TM لندست در ارتباط با کاربری و پوشش زمین و ویژگی‌های آن در منطقه شهری تبریز**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

امینی، سمیرا. زارع ابیانه، حمید. اکبری، مهدی. (۱۳۹۳)، **برآورد دما و شاخص پو شش گیاهی سطح زمین با ا ستفاده از داده‌های سنجش‌ازدور(مطالعه موردی: شهر ستان همدان)**. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۳: ۳۳۳-۳۴۸.

حجازی زاده، زهرا. ضیائیان، پرویز. شیرخانی، علیرضا. (۱۳۹۲)، **مقایسه تخمین دمای سطح با ا ستفاده از داده‌های باند حرارتی**. مجله جغرافیا، ۳۸: ۳۳-۵۰.

خسروی، محمد. قبادی، احسان. (۱۳۹۲)، **بررسی مقایسه تأثیر جمعیت بر سازمان‌یابی فضایی نقاط شهری با تأکید بر عملکرد جزیره گرمایی(نمونه موردی: ا ستان تهران و البرز)**. نخ ستین کنفرانس آب و هوا شنا سی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی و صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان.

درویشی، شادمان. سلیمانی، کریم. ر شیدپور، مصطفی. (۱۳۹۸)، **تأثیر شاخص‌های گیاهی و خصوصیات سطح شهری بر تغییرات دمای سطح زمین مطالعه موردی شهر ستان سنندج**. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۰(۱): ۳۵-۱۷.

صادقی نیا، علیر ضا. علیجانی، بهلول. ضیائیان، پرویز. (۱۳۹۱)، **تحلیل زمانی-مکانی جزیره حرارتی کلان شهر تهران با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و GIS**. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۴: ۱-۱۷.

علوی پناه، کاظم. (۱۳۸۶)، **سنجش‌ازدور حرارتی و کاربرد آن در علوم زمین**. تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

علوی پناه، کاظم. (۱۳۹۰)، **اصول سنجش‌ازدور نوین و تفسیر عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای**. تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

فیضی زاده، بختیار. هلالی، حسین. (۱۳۸۹)، **مقایسه روش‌های پیکسل پایه، شیءگرا و پارامترهای تأثیرگذار در طبقه‌بندی پو شش/کاربری ارا ضی ا ستان آذربایجان غربی**. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۲(۷۱): ۷۳-۸۴.

فیضی زاده، بختیار. دیده‌بان، خلیل. غلام نیا، خلیل. (۱۳۹۵)، **برآورد دمای سطح زمین با ا ستفاده از ت صاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا (مطالعه موردی: حوضه آبریز مهاباد)**. فصلنامه اطلاعات جغرافیایی، ۲۵(۹۸): ۱۷۱-۱۸۲.

مرادی، فرید. مختاری، محمدحسین. سرکارگر اردکانی، علی. (۱۳۹۵)، **نظارت بر توسعه مناطق شهری با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به روش شبکه عصبی مصنوعی و پس از طبقه‌بندی**. اولین همایش سراسری محیط‌زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران، موسسه آموزش عالی مهر اروند، گروه ترویجی دوستداران محیط‌زیست.

مرادی، مسعود. صلاحی، برومند. مسعودیان، سیدابوالفضل. (۱۳۹۵)، **بررسی شیب دمای سطح زمین در ایران با داده‌های روز هنگام مودیس**. مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۸(۴): ۵۱۷-۵۳۳.

اشرف، بتول. فریدحسینی، علیرضا. میان‌آبادی، آمنه. (۱۳۹۱)، **بررسی جزیره حرارتی شهر مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نظریه فرکتال**. مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱(۱): ۳۵-۴۸.

ولی زاده کامران، خلیل. غلام نیا، خلیل. عینالی، گلزار. مو سوی، سیدمحمد. (۱۳۹۶)، **برآورد دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تحلیل رگرسیون چند متغیره (مطالعه موردی شهر زنجان)**. پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۸(۳۰): ۳۵-۵۰.

هاشمی، سیدمحمود. علوی پناه، کاظم. دیناروندی، مرتضی. (۱۳۹۲)، **ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط‌زیست شهری با کاربرد سنجش‌ازدور حرارتی**. محیط‌شناسی، ۳۱(۱): ۸۱-۹۲.

Benali A, Carvalho AC, Nunes JP, Carvalhais N, Santos, A. (2012). **Estimating air surface temperature in Portugal using MODIS LST data**. Remote Sensing of Environment, 4(8): 108-121.

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.

Faqe Ibrahim GR. (2017). **Urban Land Use Land Cover Changes and Their Effect on Land Surface Temperature: Case Study Using Dohuk City in the Kurdistan Region of Iraq**. Journal Climate, 8(14): 1-18.

Jensen JR, Lulla K. (2015). **Introductory digital image processing a remote sensing perspective.**

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

Malik MS, Shukla JP. (2018). **Retrieving of Land Surface Temperature Using Thermal Remote Sensing and GIS Techniques in Kandaihimmat Watershed, Hoshangabad, Madhya Pradesh**. Journal Geological Society of India, 12(24): 298-304.

Subrino J, Jimenes-Monuz JC, Paolini L. (2004). **Land Surface Temperature Retrieval from Landsat TM 5**. Remote Sensing Environment, 5(12): 434-440.

Torsoilowati et al. (2002). Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. Energy and buildings, 25(2):99-103.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]

[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]

Wan Z, Dozier J. (1996). **A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space**. Geoscience and Remote Sensing, 34(4): 892-905.
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, 26(14): 203-219.
Weng Q, Lu D, Schubring J. (2004). **Estimation of Land Surface Temperature Vegetation abundance relationship for urban heat island studies**. Remote Sensing Environment, 15(7): 467–483.
Zhang Y, Wan Z, Zhang Q, Li ZL. (2002). **Validation of the land-surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data.** Remote Sensing of Environment, 83(1): 163-180.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.67.18.5]
[DOI: 10.52547/jgs.22.67.375]