



## بررسی رابطه تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در شهرستان نمین

آزاد کاکه‌ممی<sup>۱</sup>، اردوان قربانی<sup>۲</sup>، صیاد اصغری سراسکانرود<sup>۳</sup>، احسان قلعه، سحر غفاری

دریافت: ۱۹ اسفند ۱۳۹۸ / پذیرش: ۲۸ اردیبهشت ۱۳۹۹

دسترسی اینترنتی: ۱۵ تیر ۱۳۹۹

### چکیده

با توجه به محدودیت اطلاعاتی که در تامین داده‌ها به‌ویژه در وسعت زیاد با مشکلات و موانع فراوانی همراه است و دستیابی در زمان واقعی سخت و یا غیر ممکن است. بنابراین، لزوم استفاده از فن‌آوری سنجنش از دور با شرایط زمانی، همراه با ویژگی پیوستگی و داده‌برداری در محدوده‌های گسترده بسیار می‌تواند کارا باشد.

هدف از انجام این تحقیق بررسی دمای سطح زمین شهرستان نمین در یک بازه زمانی ۲۸ ساله و مقایسه نتایج به دست آمده با تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی بوده است.

مواد و روش‌ها داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل، تصویر ماهواره لندست ۸ که از سنجنده OLI به‌منظور استخراج نقشه کاربری اراضی و از سنجنده TIRS به‌منظور استخراج دمای سطح زمین برای سال ۲۰۱۵ و همچنین از تصویر سنجنده TM لندست ۵ به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از باندهای مرئی و مادون قرمز و دمای سطح با استفاده از باندهای حرارتی برای سال ۱۹۸۷ استفاده شد. تصاویر در اواخر فصل بهار و اوایل فصل تابستان به‌منظور نبود پوشش‌های ابری و برفی بالا و همچنین بالا بودن شدت تابش نور خورشید اخذ شد. از نرم‌افزار eCognition8.9 برای طبقه‌بندی شی‌پایه استفاده شد. طبقه‌بندی در ۵ کلاس (کشاورزی دیم و آبی، مرتع، جنگل و مسکونی) برای سال ۱۹۸۷ و ۶ کلاس (کشاورزی دیم و آبی، مرتع، جنگل، مسکونی و آب) برای سال ۲۰۱۵ انتخاب شدند. جهت ارزیابی صحت و مقایسه نقشه‌های

پیشینه و هدف گسترش سریع شهرها به دلیل تغییرات گسترده در کاربری و پوشش زمین اثرات منفی بر کیفیت زیست‌محیطی جهانی داشته است. تغییرات کاربری/پوشش اراضی، توسعه مناطق شهری و کشاورزی و جنگل‌زدایی باعث تغییر رژیم دمای منطقه‌ای و محلی می‌شود. آگاهی از میزان دمای سطح زمین کمک قابل توجهی به طیف وسیعی از مسائل مرتبط با علوم زمین مانند اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیطی و بررسی تعاملات انسان و محیط می‌نماید. 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.

آزاد کاکه‌ممی<sup>۱</sup>، اردوان قربانی<sup>۲</sup> (✉)، صیاد اصغری سراسکانرود<sup>۳</sup>،

احسان قلعه<sup>۴</sup>، سحر غفاری<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی مرتع، گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. استاد گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳. دانشیار گروه ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۴. دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۵. دانش‌آموخته دکتری علوم مرتع، گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: [a\\_ghorbani@uma.ac.ir](mailto:a_ghorbani@uma.ac.ir)

دارای ظرفیت گرمایی بالایی می‌باشد، لذا بیشترین اثر را در کاهش دما دارد. در کاربری‌های جنگل و کشاورزی آبی به دلیل پوشش گیاهی بیشتر دمای سطح زمین کمترین مقدار (به ترتیب ۲۳ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۹۸۷ و ۲۱ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۱۵) را نسبت به سایر کاربری‌ها دارا است.

کاربری مربوط به کشاورزی در این ناحیه، بعد از مناطق جنگلی دارای کمترین دمای سطحی (۲۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۹۸۷ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۱۵) می‌باشد. با توجه به اینکه محصولات زراعی کشت شده در این محدوده گیاهانی از جمله سیب‌زمینی است و این گیاهان دارای نیاز آبی بیشتری هستند. بنابراین، این گیاهان در خرداد ماه دارای سبزیگی بالایی بوده و همین امر باعث شده که در محدوده تحت کشت آن‌ها تفرق بیشتری نسبت به سایر نواحی صورت گیرد و بالطبع در خنک نگهداشتن دمای سطحی بسیار تأثیرگذار بوده است. کاربری مرتع در هر دو سال مورد مطالعه، دمای بالایی (به ترتیب ۲۷ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) را داشته است و اختلاف ناچیزی بین هر دو سال مشاهده می‌شود.

**نتیجه‌گیری** نوع کاربری و تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی تأثیر محسوسی در تغییرات دمای سطح زمین دارد. هرچند نواحی عاری از پوشش گیاهی دارای دمای سطحی بالاتری نسبت به نواحی است که دارای پوشش گیاهی هستند. نتایج نشان داد همبستگی معنی‌داری بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین وجود ندارد که عمدتاً ناشی از مقدار کافی پوشش گیاهی است. به‌طور کلی نتایج نشان داد، در اکثر مناطق با دمای کمتر، پوشش گیاهی انبوه‌تری وجود دارد که بیانگر رابطه معکوس بین شاخص پوشش گیاهی و دمای سطح زمین است.

**واژه‌های کلیدی:** کاربری اراضی، دمای سطح زمین، پوشش گیاهی، استان اردبیل

حاصل، از ماتریس خطا، صحت کلی و آماره‌ی کاپا استفاده شد. از روش پنجره مجزا برای استخراج دمای سطح زمین استفاده شد. در نهایت به‌منظور تجزیه و تحلیل ارتباط بین دمای سطح زمین با شاخص پوشش گیاهی، ضرایب همبستگی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی براساس نوع کاربری در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ محاسبه شد.

**نتایج و بحث** بیشترین سطح اراضی در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ متعلق به کاربری مرتع به ترتیب با ۴۳۷۸۱ و ۳۴۱۱۴ هکتار، دومین سطح مربوط به کاربری کشاورزی دیم به ترتیب با ۲۳۸۵۴ و ۳۳۲۷۷ هکتار است. کمترین سطح نیز در سال ۱۹۸۷ با توجه به عدم وجود کاربری آب متعلق به کاربری مسکونی با ۱۳۰۱ هکتار است در حالی که در سال ۲۰۱۵ با احداث سازه‌های آبی کاربری آب با مساحت ۸۶ هکتار دارای کمترین سطح اراضی است. بیشترین افزایش سطح را کاربری کشاورزی دیم با ۹۴۲۳ هکتار افزایش دارا است که نسبت به سال ۱۹۸۷ افزایش چشمگیری را داشته است. بیشترین دمای ثبت شده برای شهرستان نمین در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به کاربری کشاورزی دیم (به ترتیب با ۳۴ و ۲۷ 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. کاربری کشاورزی دیم در سال ۱۹۸۷ بیشترین دما (۳۴ درجه سانتی‌گراد) را دارا بوده است اما در سال ۲۰۱۵ با کاهش دما (۲۷ درجه سانتی‌گراد) 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 تفرق این محصولات ناچیز است. کمترین دمای ثبت شده در شهرستان نمین به‌ترتیب مربوط به کاربری آب (۲۱ درجه سانتی‌گراد)، جنگل (۲۱ درجه سانتی‌گراد) و کشاورزی آبی (۲۲ درجه سانتی‌گراد) است. با توجه به اینکه آب

## مقدمه

گسترش سریع شهرها به دلیل تغییرات گسترده در کاربری و پوشش زمین اثرات منفی بر کیفیت زیست‌محیطی جهانی داشته است (۱۵ و ۲۸). تغییرات کاربری/پوشش اراضی، توسعه مناطق شهری و کشاورزی و جنگل‌زدایی باعث تغییر رژیم دمای منطقه‌ای و محلی می‌شود (۴ و ۱۱). دمای سطح زمین به‌عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی در شناخت آب‌وهواست (۳). آگاهی از میزان دمای سطح زمین کمک قابل‌توجهی به طیف وسیعی از مسائل مرتبط با علوم زمین مانند اقلیم شهری، تغییرات جهانی محیطی و بررسی تعاملات انسان و محیط می‌نماید (۲). 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 (۱۹). با توجه به محدودیت اطلاعاتی که در تأمین داده‌ها به‌ویژه در وسعت زیاد با مشکلات و موانع فراوانی همراه است و دستیابی در زمان واقعی سخت و یا غیرممکن است، بنابراین لزوم استفاده از فن‌آوری سنسور از دور با شرایط زمانی، همراه با ویژگی پیوستگی و داده‌برداری در محدوده‌های گسترده بسیار می‌تواند کارا باشد (۴ و ۱۶). الگوریتم‌های بسیاری برای محاسبه دمای سطح زمین مثل الگوریتم پنجره مجزا (SW)، الگوریتم زاویه دوتایی (DA)، الگوریتم کانال مجزا (SC) و غیره طراحی شده است (۱۰). روش پنجره مجزا بر مبنای تلفیق دو باند حرارتی استوار است؛ در واقع این روش با استفاده از تلفیق باندهای حرارتی مجاور سعی در کاهش اثرات اتمسفری دارد. از مزایای این روش می‌توان به عدم نیاز این روش به پروفیل اتمسفری دقیق و همچنین کارآمدی روش برای تمامی سنسورها با حداقل دو باند حرارتی اشاره کرد. وابستگی این روش به اطلاع از ضریب گسیل و وابستگی ضرایب هر مدل به نوع منطقه را می‌توان از محدودیت‌های این روش دانست (۲۵). از مطالعات انجام‌گرفته در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های صورت گرفته توسط ژو کیانگ و ژو (۳۰) اشاره کرد در این پژوهش رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین و دمای سطح

زمین با استفاده از تصاویر لندست ۵ سنجنده TM و  $ETM^+$  را ارزیابی کردند و برای طبقه‌بندی کاربری اراضی از روش شی‌اگرا و برای برآورد دمای سطح زمین از روش الگوریتم پنجره مجزا استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دمای سطح زمین به مقدار زیادی تحت تأثیر کاربری اراضی و پوشش زمین است و مقدار دمای سطح زمین ارتباط معنی‌داری با درصد سطوح غیرقابل نفوذ (سطوح مسکونی و شهری) دارد. در بررسی اثرات تغییر کاربری و پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین ندولتی و همکاران (۲۰) با استفاده از ۴ دوره تصویر ماهواره‌ای لندست به این نتیجه رسیدند که همبستگی منفی بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین وجود دارد. احمدی و همکاران (۳) در مطالعه با عنوان تغییرات زمانی-مکانی الگوهای حرارتی و کاربری شهر شیراز با استفاده از داده‌های سنجنده TM و  $ETM^+$  پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که سطوح بایر خاکی فاقد پوشش گیاهی حاشیه شهر بیشترین دما را دارند و در کاربری شهری نیز دمای بافت‌های فشرده بیشترین دما را دارا می‌باشند. ولی زاده کامران و همکاران (۲۵) در مطالعه باهدف بررسی دمای سطح زمین در شهرستان زنجان با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که بر مبنای داده‌های آماری به‌دست‌آمده ارتباط مناسب بین کاربری سطح زمین و حرارت سطح زمین وجود دارد به‌طوری‌که، 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. اصغری سراسکانرود و امامی (۵) در پایش دمای سطح زمین و بررسی تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و  $ETM^+$  در شهرستان اردبیل با روش الگوریتم پنجره مجزا بیان داشتند رابطه معنی‌داری بین کاربری اراضی و دمای سطحی وجود دارد به‌طوری‌که در نواحی شهری که دارای پوشش گیاهی کمتری نسبت به نواحی کشاورزی و مرتعی هستند دارای دمای بیشتری هستند. بررسی تحقیقات گذشته نشان‌دهنده پتانسیل خوب و جدید بودن

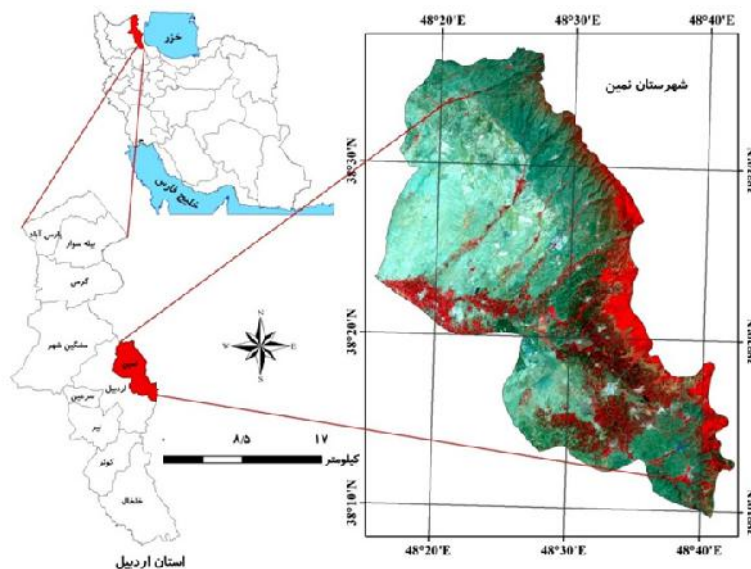
به منظور رسیدن به این هدف ابتدا طبقه بندی تصاویر مربوطه به روش شیءگرا انجام شد و سپس به منظور استخراج دمای سطحی به برآورد دمای روشنایی و قابلیت انتشار و کسر پوشش گیاهی اقدام شد و بعد از به دست آوردن دمای سطحی به بررسی رابطه دمای سطحی با هریک از کاربری ها پرداخته شد و در نهایت به ارزیابی نتایج با داده های زمینی پرداخته شد.

### مواد و روش ها

#### منطقه مورد مطالعه

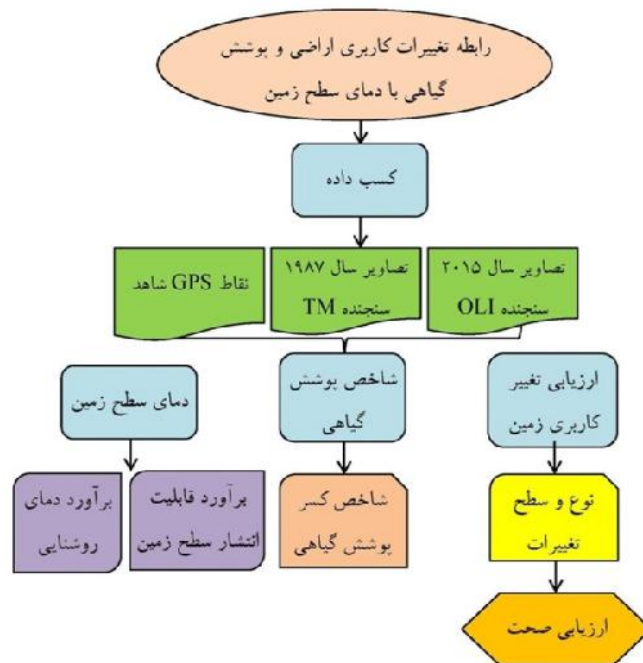
شهرستان نمین در شمال شرقی استان اردبیل در مختصات جغرافیایی  $38^{\circ} 20'$  تا  $38^{\circ} 30'$  طول شرقی و  $48^{\circ} 20'$  تا  $48^{\circ} 40'$  عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). نمین منطقه ای است کوهستانی واقع در حاشیه غربی دریای خزر و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۵۰ متر است. وسعت شهرستان نمین ۱۰۳۷ کیلومتر مربع معادل با ۱۰۳۷۰۰ هکتار است و در فاصله ۲۰ کیلومتری مرکز استان قرار دارد. وسعت این شهرستان حدود ۵/۵ درصد از کل مساحت استان اردبیل است (۱۵). فرایند روند کلی تحقیق در شکل ۲ ارائه شده است.

بررسی رابطه بین تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین با دمای سطح زمین است. نتایج تحقیقات رابطه معکوس بین NDVI با دما و اثر متفاوت نوع تغییرات کاربری زمین بر روی دمای سطح زمین را نشان می دهد. با توجه به اینکه شهرستان نمین از نظر اقتصادی وابستگی بالایی به محصولات کشاورزی تولیدی آن و مرتع داری دارد و از طرفی افزایش دما و کمبود آب طی سنوات گذشته همواره به عنوان چالش جدی در این منطقه مطرح بوده است. استفاده از داده های اقلیمی با دسترسی زمانی و مکانی مناسب با توجه به کمبود ایستگاه های سینوپتیک در این منطقه دارای اهمیت بالایی است. لذا با توجه به موارد ذکر شده و نبود مطالعات پیشین در منطقه، هدف از انجام این تحقیق بررسی دمای سطح شهرستان نمین در یک بازه زمانی ۲۸ ساله و مقایسه نتایج به دست آمده با تغییرات کاربری اراضی است تا مشخص شود که تغییر در کاربری اراضی تا چه اندازه در دمای سطحی مؤثر است. سه فرضیه در این پژوهش مورد آزمون قرار گرفت؛ نوع کاربری در میزان دمای سطحی زمین اثرگذار است، تغییرات کاربری اراضی تأثیر محسوسی در تغییرات دمای سطح زمین دارد؛ و بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین همبستگی معنی داری وجود دارد.



شکل ۱. موقعیت شهرستان نمین در استان اردبیل و ایران

Fig 1. Location of Namin county in Ardabil province and Iran



شکل ۲. نمودار روش کار

Fig 2. Flowchart of methodology

۱۹۸۷ (ساعت ۱۱ صبح) استفاده شد. تصاویر در اواخر فصل بهار و اوایل 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 صحت بهتر از نرم‌افزار Google Earth استفاده شد. به منظور تصحیحات جوی و رادیومتریکی از نرم‌افزار ENVI و به منظور استخراج نقشه‌های مربوطه از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. اطلاعات عمومی و لیست باندهای مورد استفاده جهت طبقه‌بندی تصاویر اخذ شده از سایت زمین‌شناسی آمریکا در جدول‌های ۱ و ۲ قابل مشاهده است.

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل، تصویر ماهواره لندست ۸ که از سنجنده OLI به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی و از سنجنده TIRS به منظور استخراج دمای سطح زمین برای سال ۲۰۱۵ استفاده شد و همچنین از تصویر سنجنده TM لندست ۵ به منظور تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از باندهای مرئی و مادون قرمز 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 نمین با توجه به عدم احداث در سال ۱۹۸۷ برای سال ۲۰۱۵ (ساعت ۱۱ صبح) و اردیبهیل برای سال

جدول ۱. اطلاعات تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸

Table 1. Information of Landsat 5 and 8 Satellite Images

تاریخ	زمان (گرینویچ)	زاویه خورشید	درصد پوشش ابر	گذر	مسیر	نوع سنجنده
۲۰۱۵/۰۶/۲۳	۷:۲۵:۱۰	۱۲۴/۹۰۵۹۶۳۶۷	۰	۳۳	۱۶۷	لندست ۸
۱۹۸۷/۰۶/۱۰	۶:۵۰:۱۸	۱۱۴/۳۹۱۸۸۷۳۱	۰	۳۳	۱۶۷	لندست ۵

جدول ۲. اطلاعات باندهای ماهواره لندست ۵ و ۸ (۲۴)

Table 2. Band designations of Landsat 5 and 8 satellites (24)

نوع ماهواره و سنجنده	باند	طول موج (میکرومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)	
سنجنده TM لندست ۵	باند ۱ - آبی	۰/۴۵-۰/۵۲	۳۰	
	باند ۲ - سبز	۰/۵۲-۰/۶۰	۳۰	
	باند ۳ - قرمز	۰/۶۳-۰/۶۹	۳۰	
	باند ۴ - مادون قرمز نزدیک	۰/۷۶-۰/۹۰	۳۰	
	باند ۵ - مادون قرمز موج کوتاه ۱	۱/۵۵-۱/۷۵	۳۰	
	باند ۶ - حرارتی	۱۰/۴۰-۱۲/۵۰	۱۲۰*۳۰	
	باند ۷ - مادون قرمز موج کوتاه ۲	۲/۰۸-۲/۳۵	۳۰	
سنجنده OLI لندست ۸	باند ۱ - ماورای آبی	۰/۴۳۵-۰/۴۵۱	۳۰	
	باند ۲ - آبی	۰/۴۵۲-۰/۵۱۲	۳۰	
	باند ۳ - سبز	۰/۵۳۳-۰/۵۹۰	۳۰	
	باند ۴ - قرمز	۰/۶۳۶-۰/۶۷۳	۳۰	
	باند ۵ - مادون قرمز نزدیک	۰/۸۵۱-۰/۸۷۹	۳۰	
	باند ۶ - مادون قرمز موج کوتاه ۱	۱/۵۶۶-۱/۶۵۱	۳۰	
	باند ۷ - مادون قرمز موج کوتاه ۲	۲/۱۰۷-۲/۲۹۴	۳۰	
	باند ۱۰ - مادون قرمز حرارتی ۱	۱۰/۶۰-۱۱/۱۹	۱۰۰*۳۰	
	باند ۱۱ - مادون قرمز حرارتی ۲	۱۱/۵۰-۱۲/۵۱	۱۰۰*۳۰	
	سنجنده TIRS لندست ۸			

### طبقه‌بندی شیء پایه تصاویر و استخراج نقشه کاربری/پوشش اراضی

طبقه‌بندی شیء پایه تصویر یکی از روش‌های رایج برای طبقه‌بندی تصویر بوده (۸ و ۱۸) که در آن علاوه بر ارزش‌های عددی از اطلاعات مربوط به بافت، شکل و تن رنگ در فرآیند طبقه‌بندی استفاده می‌شود (۱۷ و ۱۸). توانایی روش طبقه‌بندی پیکسل پایه هنگامی که اشیای متفاوت زمینی، با ارزش‌های عددی یکسان بر روی تصویر رقومی ثبت می‌شوند، محدود است. دو مرحله عمده در طبقه‌بندی شیء پایه تصویر وجود دارد. اولین مرحله سگمنت‌سازی تصویر است که بر اساس الگویی طیفی و فضایی مشابه تصویر را به مناطق یا اشیاء (سگمنت) جدا شده تقسیم می‌کند. پس از سگمنت‌سازی، مرحله دوم مرتبط ساختن سگمنت‌های تصویری با استفاده از آمار طیفی و شکل، پارامترهای بافت و اطلاعات توپولوژیکی است (۶). در این

تحقیق از نرم‌افزار eCognition برای طبقه‌بندی شیء پایه استفاده شد. مقادیر ۱۲۰ و ۰/۵ به ترتیب برای پارامترهای مقیاس و رنگ انتخاب گردید. برای سگمنت‌سازی از الگوریتم Multiresolution و برای طبقه‌بندی از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی استفاده شد (۹). در این مطالعه روش مقایسه پس از طبقه‌بندی جهت آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی استفاده شد، زیرا برای شناخت این تغییرات به طور وسیع مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۳). استفاده از این روش به ایجاد یک ماتریس دوسویه منجر می‌شود، که تغییرات انواع اصلی کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه را توصیف می‌کند. تحلیل جدول‌بندی متقاطع بر اساس پیکسل بر پیکسل تعیین کمیت تبدیلات از یک طبقه کاربری ویژه به طبقه کاربری دیگر و مساحت‌های مرتبط به این تغییرات در دوره زمانی مورد نظر را تسهیل می‌کند. یک‌لایه موضوعی جدید حاوی طبقات تغییرات from-to نیز برای هر مقطع زمانی تولید می‌شود که می‌توان از

### ارزیابی صحت

جهت ارزیابی صحت و مقایسه نقشه‌های حاصل، از ماتریس خطا، صحت کلی (رابطه ۲) و آماره کاپا (رابطه ۳) استفاده شد (۱۴ و ۲۳).

$$OA = \frac{\sum_{k=1}^N a_{kk}}{\sum_{i,k=1}^N a_{ik}} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N a_{kk} \quad [2]$$

در این رابطه؛ OA نشان‌دهنده صحت کلی و N معرف تعداد کل پیکسل‌های طبقه‌بندی شده و  $\sum_{k=1}^N a_{kk}$  نمایه مجموع پیکسل‌های قطر اصلی ماتریس خطا (تعداد کل پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده) است (۲۲).

[۳]

احتمال توافق - ۱ / (احتمال توافق) - (دقت مشاهده شده) = آماره کاپا  
برای ارزیابی صحت نقشه‌های کاربری/ پوشش اراضی تولیدشده از ۱۰۰ نقطه کنترلی GPS (بازدید میدانی مورخ خردادماه ۹۵-۱۳۹۴) کاملاً تصادفی و دارای دسترسی برای کنترل صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده شد.

### محاسبه دمای سطح زمین

بسیاری از روش‌های بازتابی دمای سطح زمین از مطالعات سنجش‌ازدور ارائه شده توسط چند کانال مادون قرمز داده‌های حرارتی استفاده می‌کنند و این روش را می‌توان تقریباً به سه گروه تقسیم کرد: الگوریتم تک کانال، الگوریتم چند کانال به‌عنوان مثال، الگوریتم پنجره مجزا و روش چند زمانه. مطالعات نشان می‌دهد که نقش سنجش‌ازدور حرارتی در مطالعه و برآورد دمای سطح زمین بسیار حائز اهمیت است. 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، مودیس و... در برآورد دمای سطح زمین به دلیل داشتن باندهای حرارتی می‌توانند مفید واقع شوند. دمای سطح زمین به‌عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت

این نقشه‌ها برای مشخص کردن میزان، موقعیت و ماهیت تغییرات نشان داده شده استفاده نمود (۱۲). در این مطالعه، یک فرآیند همپوشانی برای اکتساب تغییرات مکانی در کاربری اراضی در طول بازه زمانی ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۴ مورد استفاده قرار گرفت. ابتدا نقشه طبقه‌بندی اولین زمان و سپس نقشه زمان دوم اضافه شد و تغییرات پیکسل به پیکسل میان طبقات دو نقشه توسط نرم‌افزار توصیف و منجر به تهیه نقشه تغییرات و لایه from-to شد.

### شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی

شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) یکی از رایج‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی برای بیان اطلاعات تراکم پوشش گیاهی، پیش‌بینی تولید محصولات زراعی، پایش خشک‌سالی و تهیه نقشه بیابان‌زایی است (۲۷). 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 (۵). در این پژوهش به‌منظور به دست آوردن صحت بالاتر در طبقه‌بندی از این شاخص به‌عنوان یکی از پارامترها استفاده شد. این شاخص با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$NDVI = (B_{NIR} - B_{RED}) / (B_{NIR} + B_{RED}) \quad [1]$$

در این رابطه؛  $B_{NIR}$  باند مادون قرمز نزدیک و  $B_{RED}$  باند قرمز است (۱۰). پس از آزمودن خطاها، پارامترهای مناسب نظیر بافت، هندسه، شکل، الگو و میانگین و انحراف معیار باندها همراه با شاخص NDVI به‌عنوان پارامترهای طبقه‌بندی لحاظ شدند. در نهایت طبقه‌بندی در ۵ کلاس (کشاورزی دیم و آبی، مرتع، جنگل و مسکونی) برای سال ۱۹۸۷ و ۶ کلاس (کشاورزی دیم و آبی، مرتع، جنگل، مسکونی و آب) برای سال ۲۰۱۵ انتخاب شدند. علت تفاوت تعداد کلاس‌های طبقه‌بندی عدم احداث باندها و سازه‌های ذخیره کننده آب در تصویر سال ۱۹۸۷ است.



گیاهی شاخص.

### برآورد دمای روشنایی

دمای روشنایی تشعشع الکترومغناطیسی انتقالی رو به بالا از لایه بالای اتمسفر زمین است که با استفاده از ثابت‌های حرارتی ارائه شده در فایل مرجع تصویر رادیانس طیفی به دمای روشنایی تبدیل شد. فرایند تبدیل حرارتی با تبدیل مقادیر ارزش رقومی باندهای حرارتی خام باندهای حرارتی سنجنده TIRS و TM به رادیانس طیفی لایه بالای اتمسفر انجام شد و سپس با استفاده از رابطه ۵ (رابطه پلانک) دمای روشنایی محاسبه شد. در واقع در این مرحله واریانس طیفی به دمای جسم سیاه در سطح سنجنده تبدیل شد (۱).

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda + 1}\right)} - 272.15 \quad [5]$$

در این رابطه؛ T دمای روشنایی ماهواره برحسب کلونین؛ K2- K1 ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود در متادیتا؛ و  $L\lambda$  درخشندگی جو بالا.

### برآورد قابلیت انتشار سطح زمین

به دلیل تفاوت قابلیت انتشار یک ماده واقعی در مقایسه با جسم سیاه، بسته به نوع ماده تشکیل دهنده پدیده‌های مختلف، در طول موج‌های مختلف ناحیه مادون قرمز حرارتی با یکدیگر، پدیده‌های مختلف را با وجود دمای یکسان می‌توان با استفاده از این پارامتر تشخیص داد. هنگامی که قابلیت انتشار انرژی از اجسام واقعی در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری شود، مقادیر متفاوتی حاصل خواهد شد که این امر وابسته به طول موج است (۲۶). برای محاسبه دمای سطح زمین برآورد قابلیت انتشار در سطح زمین ضروری است که این معیار به صورت جداگانه در باندهای حرارتی سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸ (باند ۱۰ و ۱۱) و TM ماهواره لندست ۵ (باند ۶) محاسبه شود (رابطه ۶).

$$LSE = Es(1 - FVC) + Ev \times FVC \quad [6]$$

آب و هوا است (۱۹). 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 (۲۰). به منظور استخراج دمای سطح زمین روش‌های مختلفی توسعه داده شده‌اند که هر کدام از این روش‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارا می‌باشند. روش‌های مختلف استخراج دمای سطح زمین عبارت‌اند از: روش‌های تک کانالی، توازن انرژی برای سطح زمین (سبال)، روش دفتر علوم لندست، روش استفان بولتزمن و روش پنجره مجزا. در این مطالعه از روش پنجره مجزا استفاده شد که مراحل آن به صورت زیر است.

### شاخص کسری پوشش گیاهی ( Fraction of vegetation cover)

پوشش گیاهی همواره از عواملی بوده است که باعث کاهش دمای سطحی می‌شود. پوشش گیاهی سبز جزء به جز یکی از پارامترهایی است که در بسیاری از برنامه‌های محیط زیست و آب و هوایی 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 معمولاً 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 بهینه‌سازی مخلوط طیفی (SMA) بر اساس قضیه پوشش گیاهی، همراه با استفاده از استاندارد SMA، برای بهبود درک از تأثیرپذیری دو عنصر در اشتقاق از بخش پوشش مقیاس جهانی گیاهی زیر پیکسل‌ها در است. برای برآورد این شاخص از رابطه ۴ استفاده می‌شود (۲۷ و ۲۹).

$$FVC = \frac{(NDVI - NDVI_s)}{NDVI_v - NDVI_s} \quad [4]$$

در این رابطه؛ NDVI شاخص پوشش گیاهی، NDVI<sub>v</sub> مناطق پوشیده از گیاه شاخص، NDVI<sub>s</sub> مناطق بدون پوشش



در این رابطه؛ LSE قابلیت انتشار سطح زمین؛ Es-v  
انتشار گیاه و خاک برای باندهای حرارتی طبق جدول ۳ و FVC نسبت پوشش گیاهی.

جدول ۳. قابلیت انتشار برای گیاه و خاک

Table 3. Emissivity for plants and soil

باند ۶ تصویر ۱۹۸۷	باند ۱۱ تصویر ۲۰۱۵	باند ۱۰ تصویر ۲۰۱۵	قابلیت انتشار
۰/۹۷	۰/۹۷۷	۰/۹۷۱	خاک
۰/۹۹	۰/۹۸۹	۰/۹۸۷	گیاه

محاسبه نهایی دمای سطح زمین (LST) با روش پنجره مجزا

[۷]

این الگوریتم از جمله روش‌های مؤثر در برآورد دمای سطح زمین است و نسبت به سایر روش‌ها دارای صحت بهتری است (۲۲). 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 رابطه ۷ محاسبه شد (۲۷).

$$(SW)LST = TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11})C_2(TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W)(C_5 + C_6W)\Delta\epsilon(1 + \epsilon)$$

در این رابطه؛ TB10-TB11 دمای روشنایی؛ C0...C6

ضرایب الگوریتم قابل مشاهده در جدول ۴؛ W مقدار بخار آب

موجود در جو (رابطه ۸)؛  $\Delta\epsilon$  اختلاف قابلیت انتشار سطح

زمین و  $\epsilon$  میانگین قابلیت انتشار سطح زمین. در این رابطه  $T_j / T_i$

$T_i$  میانگین دمای روشنایی؛  $C_0 = -9/674$ ؛  $C_1 = 0/653$  و  $C_2$

۹/۰۸۷

$$W = C_0 + C_1 \times (T_j / T_i) + C_2 \times (T_j / T_i)^2 \quad [8]$$

جدول ۴. مقادیر ضرایب (۹)

Table 4. The values of the coefficients (9)

ارزش‌ها	ضرایب ثابت و محاسبه شده
C <sub>0</sub>	-۰/۲۶۸
C <sub>1</sub>	۱/۳۷۸
C <sub>2</sub>	۰/۱۸۳
C <sub>3</sub>	۵۴/۳
C <sub>4</sub>	-۲/۲۳۸
C <sub>5</sub>	-۱۲۹/۲
C <sub>6</sub>	۱۶/۴

## نتایج

در نهایت به منظور تجزیه و تحلیل ارتباط بین دمای سطح

زمین با شاخص پوشش گیاهی، ضرایب همبستگی بین دمای

سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی براساس نوع کاربری در

سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ محاسبه شد.

صحت کلی طبقه‌بندی تصویر سال ۲۰۱۵ برابر ۱۰۰

درصد صحت کلی و ضریب کاپا ۰/۹۹ استخراج شد

در حالی که صحت کلی طبقه‌بندی در سال ۱۹۸۷ برابر ۸۲/۳

نسبت به تصویر سال ۲۰۱۵ سنجنده OLI باشد. نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی شده در جدول ۵ ارائه شده است.

درصد و ضریب کاپا نیز ۰/۷۷ است که به نسب صحت پایین‌تری را ارائه داده است. دلیل این اختلاف را می‌تواند تفکیک رادیومتریکی ضعیف‌تر تصویر سال ۱۹۸۷ سنجنده TM

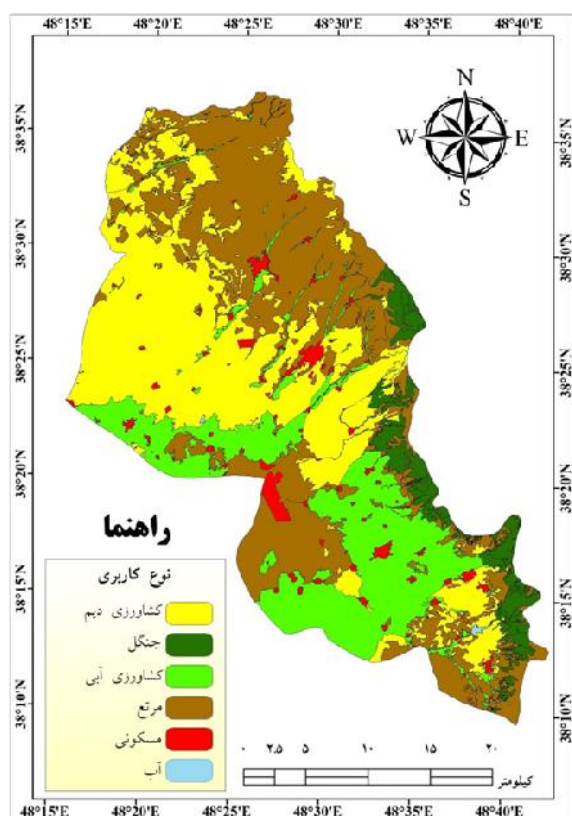
جدول ۵. صحت سنجی طبقه‌بندی کاربری اراضی

Table 5. Accuracy assessment of Land use classification

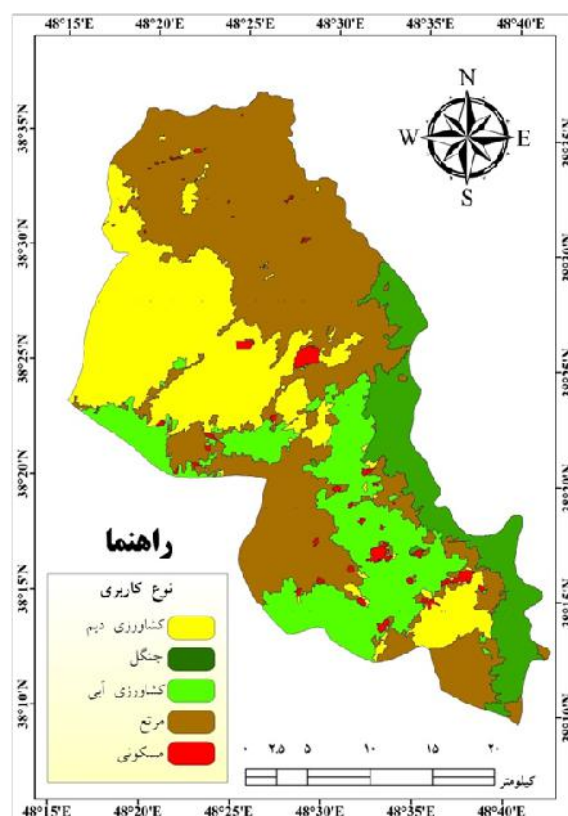
۱۹۸۷		۲۰۱۵		طبقه کاربری
صحت کاربری %	صحت تولیدکننده %	صحت تولیدکننده %	صحت کاربری %	
۹۴/۳	۹۹	۱۰۰	۹۷/۱	جنگل
۸۱/۴	۹۶/۵	۹۷	۹۱/۹	کشاورزی دیم
۸۵/۹	۷۸	۹۱/۵	۹۴/۴	کشاورزی آبی
۹۲/۵	۵۲/۹	۹۲/۳	۹۹/۳	مسکونی
۷۱/۲	۸۳	۹۴/۵	۸۸/۷	مرتع
-	-	۸۶/۳	۱۰۰	آب
	%۸۲/۳	%۹۴		صحت کلی
	۰/۷۷	۰/۹۲		ضریب کاپا

هکتار افزایش دارا است که نسبت به سال ۱۹۸۷ افزایش چشمگیری را داشته است. همچنین کاربری‌های کشاورزی آبی و مسکونی به ترتیب دارای ۳۶۶۲ و ۱۱۶۵ هکتار افزایش مساحت داشته است. از سوی دیگر کاربری مرتع با ۹۶۶۷ هکتار و کاربری جنگل با ۴۶۶۰ هکتار کاهش مساحت مواجه بوده‌اند. افزایش مساحت کاربری‌های کشاورزی دیم و آبی و شهری هم‌زمان با کاهش کاربری مرتع و کاربری جنگل نشان از جایگزینی کاربری‌ها و تغییرات آن‌ها است. مساحت کاربری‌های مختلف در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ در جدول ۶ ارائه شده است.

شکل‌های ۲ و ۳ نقشه کاربری اراضی مربوط به بازه‌های زمانی مشخص را نمایش می‌دهد. همچنین مساحت هر یک از کاربری‌ها نیز در جدول ۳ برای هر سال ارائه شده است. بیشترین سطح اراضی در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ متعلق به کاربری مرتع به ترتیب با ۴۳۷۸۱ و ۳۴۱۱۴ هکتار، دومین سطح مربوط به کاربری کشاورزی دیم به ترتیب با ۲۳۸۵۴ و ۳۳۲۷۷ هکتار مساحت است. کمترین سطح نیز در سال ۱۹۸۷ با توجه به عدم وجود کاربری آب متعلق به کاربری مسکونی با ۱۳۰۱ هکتار است در حالی که در سال ۲۰۱۵ با احداث سازه‌های آبی کاربری آب با مساحت ۸۶ هکتار دارای کمترین سطح اراضی است. بیشترین افزایش سطح را کاربری کشاورزی دیم با ۹۴۲۳



شکل ۳. نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی شهرستان نمین سال ۲۰۱۵  
Fig 2. Classified land use map of Namin county in 2015



شکل ۲. نقشه طبقه‌بندی کاربری اراضی شهرستان نمین سال ۱۹۸۷  
Fig 2. Classified land use map of Namin county in 1987

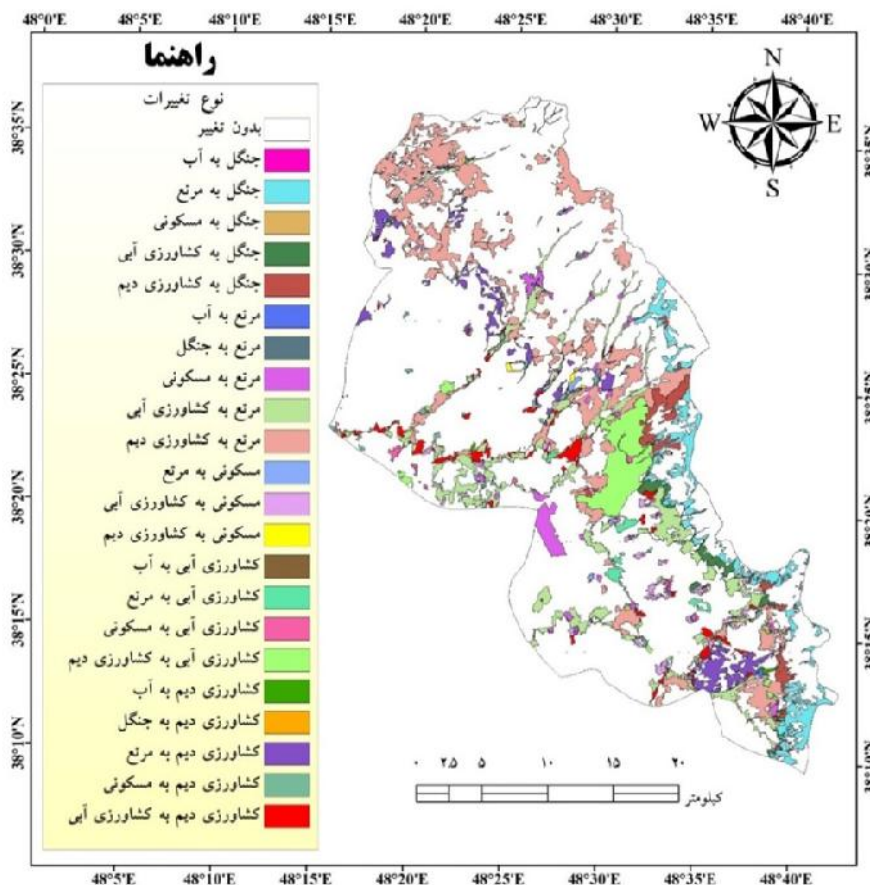
جدول ۶. مساحت کاربری‌های مختلف اراضی در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵

Table 6. Area of land use types in 1987 and 2015

سطح در سال ۲۰۱۵		سطح در سال ۱۹۸۷		نوع کاربری
درصد	هکتار	درصد	هکتار	
۳۵	۳۳۲۷۷	۲۵/۱	۲۳۸۵۴	کشاورزی دیم
۵/۸	۵۵۴۰	۱۰/۷	۱۰۲۰۰	جنگل
۲۰/۶	۱۹۵۸۷	۱۶/۸	۱۵۹۲۵	کشاورزی آبی
۳۵/۹	۳۴۱۱۴	۴۶/۱	۴۳۷۸۱	مرتع
۲/۶	۲۴۶۶	۱/۴	۱۳۰۱	مسکونی
۰/۱	۸۶	۰	—	آب
۱۰۰	۹۵۰۶۱	۱۰۰	۹۵۰۶۱	جمع کل

نمین بیشترین پیشروی بر روی کلاس مرتع بوده است (۱۳۹۶ هکتار). مساحت تغییرات مختلف کاربری اراضی که بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ صورت گرفته است در جدول ۷ قابل مشاهده است.

شکل ۴ نقشه تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد. بیشترین میزان تغییر کاربری مربوط به کاربری مرتع به کشاورزی دیم است (۸۹۶۸ هکتار). در همین راستا در جهت گسترش کاربری مسکونی شهرستان



شکل ۴. نقشه پایش تغییرات کاربری/پوشش اراضی در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

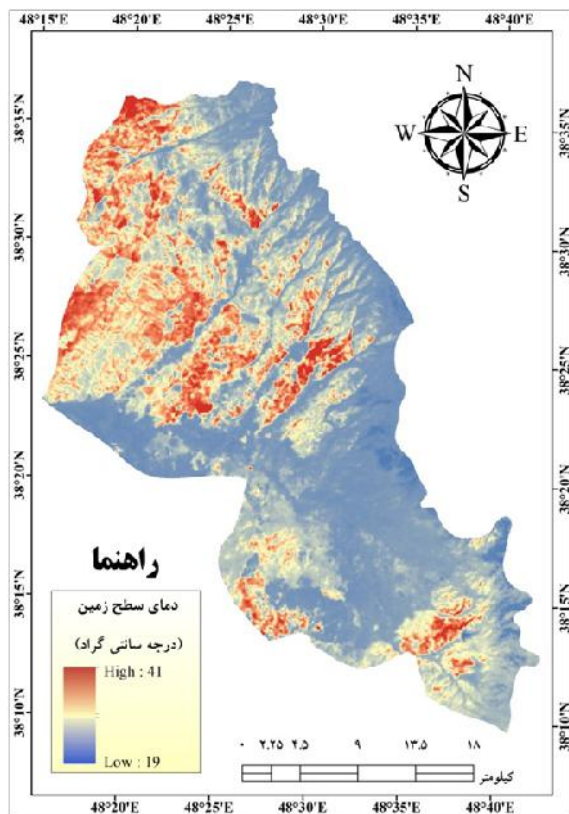
Fig 4. Monitoring map of land use / land cover change in the period of 1987 to 2015

جدول ۷. مساحت کاربری‌های تغییر یافته در سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ (هکتار)

Table 7. Area of the land use between 1987 to 2015 (Hectares)

کاربری‌های تغییر یافته	مساحت (هکتار)	کاربری‌های تغییر یافته	مساحت (هکتار)
کشاورزی دیم به جنگل	۳	کشاورزی آبی به مرتع	۴۲۳
کشاورزی دیم به کشاورزی	۱۰۸۵	کشاورزی آبی به مسکونی	۲۱۹
کشاورزی دیم به مرتع	۱۸۸۰	کشاورزی آبی به آب	۱
کشاورزی دیم به مسکونی	۳۶۴	مرتع به کشاورزی دیم	۸۹۶۸
کشاورزی دیم به آب	۵۷	مرتع به جنگل	۱
جنگل به کشاورزی دیم	۱۱۲۳	مرتع به کشاورزی آبی	۴۷۷۷
جنگل به کشاورزی آبی	۵۴۶	مرتع به مسکونی	۱۳۹۶
جنگل به مرتع	۲۹۹۲	مرتع به آب	۲۶
جنگل به مسکونی	۱۴	مسکونی به کشاورزی دیم	۱۲۵
جنگل به آب	۱	مسکونی به کشاورزی آبی	۴۸۶
کشاورزی آبی به کشاورزی دیم	۲۵۹۱	مسکونی به مرتع	۱

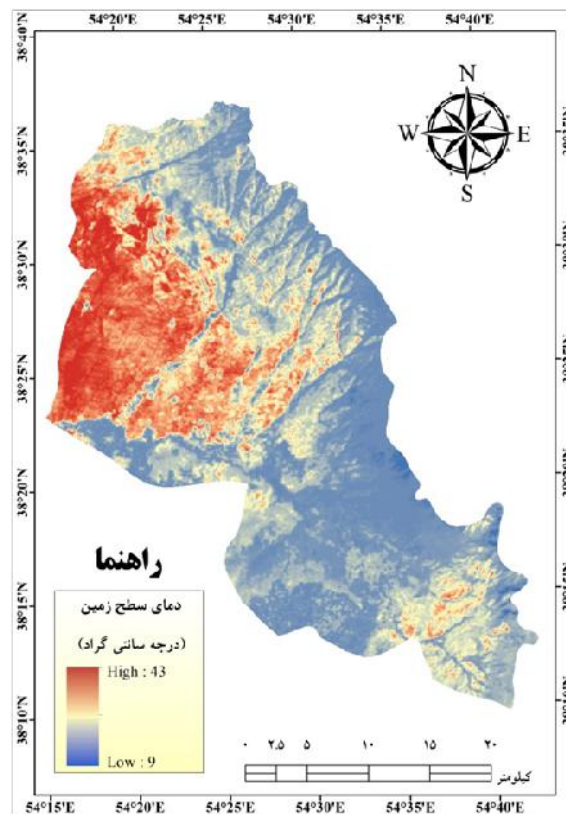
ترتیب ۴۳ و ۹ و در سال ۲۰۱۵ به ترتیب ۴۱ و ۱۹ است.



شکل ۶. نقشه دمای سطح زمین سال ۲۰۱۵

Fig 6. Land surface temperature map in 2015

شکل‌های ۵ و ۶ دمای سطح زمین در سطح شهرستان نمین را نشان می‌دهد. در سال ۱۹۸۶ کمترین و بیشترین دما به



شکل ۵. نقشه دمای سطح زمین سال ۱۹۸۷

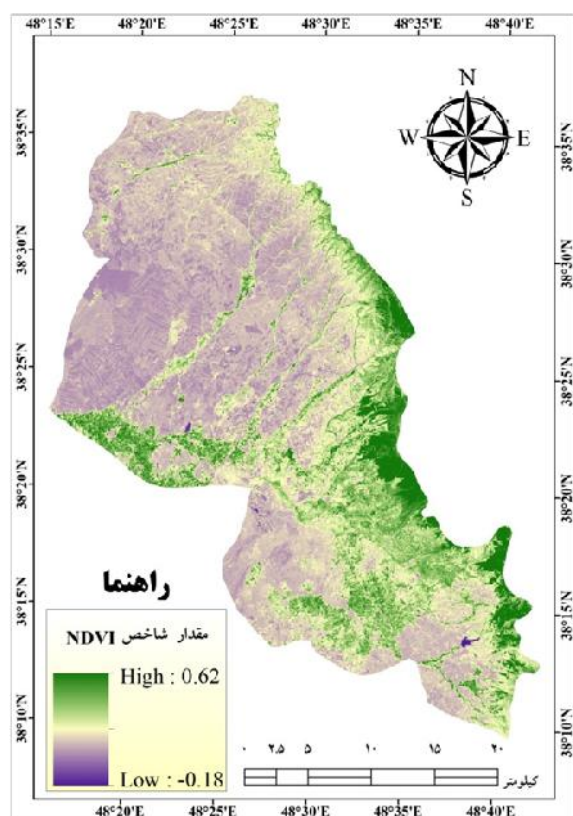
Fig 5. Land surface temperature map in 1987

است. در سال ۲۰۱۵ کاربری جنگل دارای میانگین دمای ۲۱ درجه بوده درحالی‌که کاربری شهری عاری از پوشش گیاهی دارای میانگین دمای ۲۲/۴۱ 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 (شکل‌های ۷ و ۸).

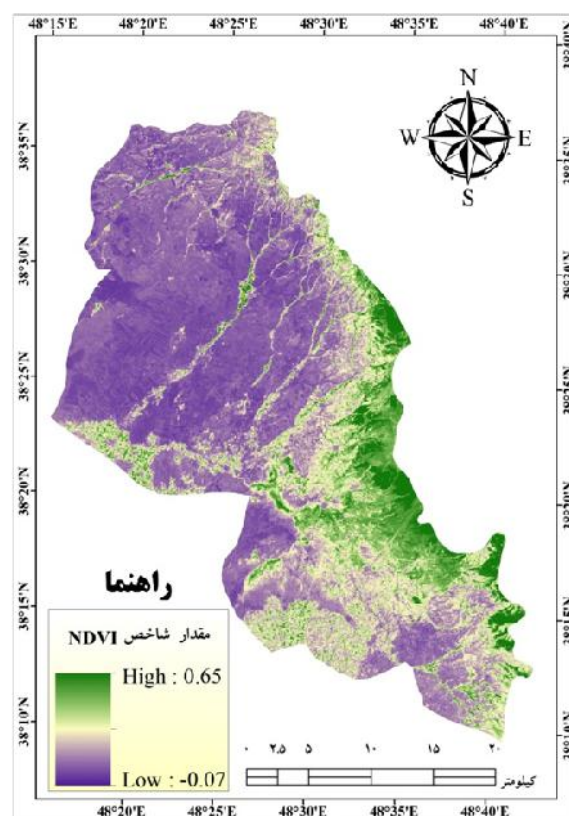
تحلیل رابطه کاربری اراضی با شاخص پوشش NDVI و دمای سطحی زمین

نتایج نشان داد نواحی عاری از پوشش گیاهی دارای دمای سطحی بالاتری نسبت به نواحی است که دارای پوشش گیاهی هستند. نواحی دارای پوشش گیاهی همچون جنگل برای سال ۱۹۸۷ دارای میانگین دمای ۲۳ درجه است درحالی‌که در این سال نواحی بدون پوشش گیاهی همچون مناطق شهری دارای میانگین دمایی حدود ۲۶ درجه سانتی‌گراد





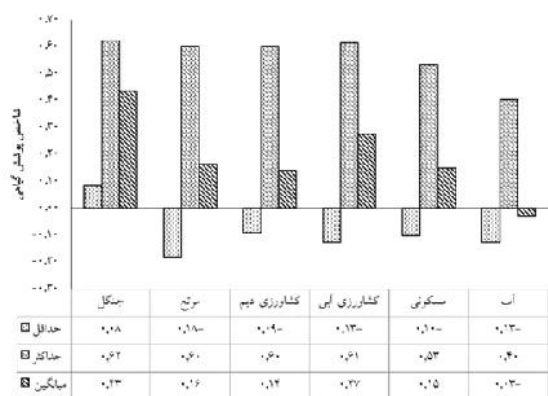
شکل ۸. نقشه نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی سال ۲۰۱۵  
 Fig 8. Normalized difference vegetation index map in 1987



شکل ۷. نقشه نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی سال ۱۹۸۷  
 Fig 7. Normalized difference vegetation index map in 1987

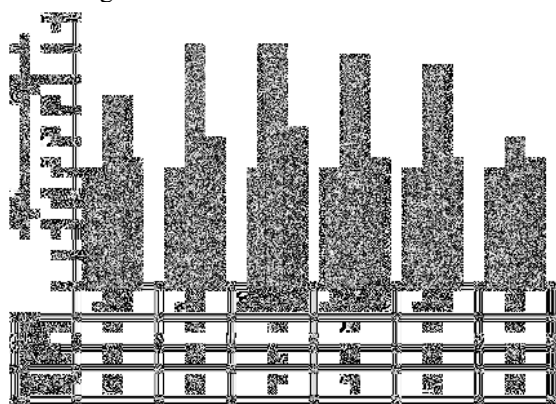
زمین در سال ۲۰۱۵ مربوط به کاربری کشاورزی دیم (۲۷ درجه سانتی‌گراد) و کمترین میانگین دما مربوط به کاربری جنگل و آب (۲۱ درجه سانتی‌گراد) بود. بدنه‌های آبی در این محدوده به دو شکل مناطق رودخانه با عمق و آب کم (اکثراً رودخانه داخل شهری) و به صورت دریاچه‌ای (سدهای احداث شده) است. با توجه به اینکه آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی است، نواحی عمیق دارای دمای سطحی کمتری نسبت به نواحی کم عمق می‌باشند؛ بنابراین، انحراف معیار به دست آمده از دمای سطحی این کاربری با توجه به دمای استخراج شده در نواحی کم عمق و عمیق است.

مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین شاخص‌های دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی مرتبط با هر کاربری و پوشش زمین در شکل‌های ۹ تا ۱۲ آمده است. در سال ۱۹۸۷ بیشترین میانگین شاخص پوشش گیاهی مربوط به کاربری جنگل (۰/۳۷) و کمترین میانگین مربوط به کاربری کشاورزی دیم (۰/۰۴) بود. بیشترین میانگین دمای سطح زمین در سال ۱۹۸۷ مربوط به کاربری کشاورزی دیم (۳۴ درجه سانتی‌گراد) و کمترین میانگین دما مربوط به کاربری جنگل (۲۳ درجه سانتی‌گراد) بود. در سال ۲۰۱۵ بیشترین میانگین شاخص پوشش گیاهی مربوط به جنگل (۰/۴۳) کمترین میانگین مربوط به کاربری آب (۰/۰۳-) بود. بیشترین میانگین دمای سطح



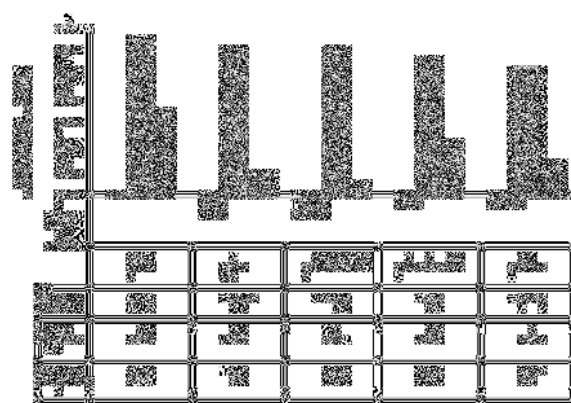
شکل ۱۰. شاخص پوشش گیاهی در هر کاربری در سال ۲۰۱۵

Fig 10. NDVI in each land use in 2015



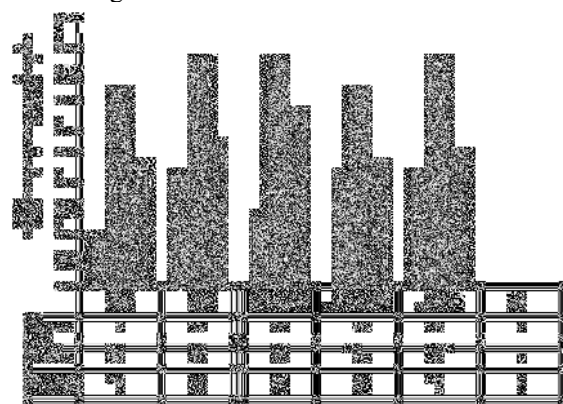
شکل ۱۲. دمای سطح زمین در هر کاربری در سال ۲۰۱۵

Fig 12. Land surface temperature in each land use in 2015



شکل ۹. شاخص پوشش گیاهی در هر کاربری در سال ۱۹۸۷

Fig 9. NDVI in each land use in 1987



شکل ۱۱. دمای سطح زمین در هر کاربری در سال ۱۹۸۷

Fig 11. Land surface temperature in each land use in 1987

و ۰/۴۶) به دست آمده است. بیشترین ضریب همبستگی در سال ۲۰۱۵ در کاربری مرتع و کشاورزی دیم (به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۶۷) و کمترین ضریب همبستگی در جنگل و کشاورزی آبی (به ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۴۰) به دست آمده است.

ضرایب همبستگی بین شاخص پوشش گیاهی NDVI با دمای سطح زمین در جدول ۸ نشان داده شده است. براساس نتایج بیشترین ضریب همبستگی در سال ۱۹۸۷ در کاربری مرتع و کشاورزی دیم (به ترتیب ۰/۹۱ و ۰/۷۰) و کمترین ضریب همبستگی در مناطق مسکونی و جنگل (به ترتیب ۰/۴۵



جدول ۸. ضرایب همبستگی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی براساس نوع کاربری

Table 8. Correlation coefficients among land surface temperatures and NDVI in land use types

سال ۲۰۱۵		سال ۱۹۸۷		انواع کاربری
ضرایب همبستگی	تعداد پیکسل‌های نمونه‌برداری شده	ضرایب همبستگی	تعداد پیکسل‌های نمونه‌برداری شده	
-۰/۶۷	۳۶۹۸۹۱	-۰/۷۰	۲۶۴۹۸۹	کشاورزی دیم
-۰/۲۳	۶۱۵۴۶	-۰/۴۶	۱۱۳۲۶۳	جنگل
-۰/۴۰	۲۱۸۰۷۴	-۰/۶۷	۱۷۶۷۸۳	کشاورزی آبی
-۰/۸۳	۳۷۹۲۳۰	-۰/۹۱	۴۸۶۲۹۹	مرتع
-۰/۶۸	۲۷۴۱۸	-۰/۴۵	۱۳۹۶۰	مسکونی
-۰/۵۳	۹۶۹	-	۰	آب

محاسبه‌شده از تصاویر ماهواره‌ای در جدول ۹ نمایش داده شده است.

### ارزیابی دمای به دست آمده با داده‌های زمینی

مقادیر دمای اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های زمینی هواشناسی شهرستان اردبیل و نمین و دمای سطحی

جدول ۹. داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و مقادیر ثبت شده در تصاویر ماهواره‌ای

Table 9. Recorded weather data at the weather station vs satellite images

ایستگاه هواشناسی	تاریخ مورد بررسی	ساعت مورد بررسی	داده‌های زمینی	تصاویر ماهواره‌ای
اردبیل	۱۹۸۷/۰۶/۱۰	۱۱ صبح	۱۷	۲۷
نمین	۲۰۱۵/۰۶/۲۳	۱۱ صبح	۲۱	۲۳

### بحث و نتیجه‌گیری

اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوه تغییرات آن در گذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری است (۱۵ و ۲۱). نتایج طبقه‌بندی نشان داد بیشترین کاربری تغییر یافته در شهرستان نمین، کاربری مرتع به کشاورزی دیم (۸۹۶۸ هکتار) بوده است که نشان‌دهنده تخریب مراتع است. از سوی دیگر با توسعه شهرنشینی شهرستان نمین، بخش قابل توجهی 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 می‌شود 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 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 خرد اقلیم‌های متفاوت و بالا بودن گرمایش شهری نسبت به اطراف آن در سطح شهر خواهد بود.

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که دمای سطحی در هر محدوده‌ای از زمین متأثر از عوامل سطحی و خصوصیات آن و با توجه به کاربری‌های مختلف، متفاوت است (۱۶). بیشترین دمای ثبت شده برای شهرستان نمین در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ مربوط به کاربری کشاورزی دیم (به ترتیب با ۳۴ و ۲۷ 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. در صورت مقایسه دمای سطحی هر دو سال مربوط چنین برداشت می‌شود که کاربری کشاورزی دیم دارای کاهش دما نسبت به سال ۱۹۸۷ است. این کاربری در سال ۱۹۸۷ بیشترین دما (۳۴ درجه سانتی‌گراد) را دارا بوده است اما در سال ۲۰۱۵ با کاهش دما (۲۷ درجه سانتی‌گراد) 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. به همین جهت این نواحی مقدار بیشتری انرژی تابشی را نسبت به سایر کاربری‌ها دریافت و نگه می‌دارند که براساس آن دمای سطحی آن نیز بیشتر است. انحراف معیار دمای سطحی این کاربری در سال ۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ تقریباً برابر است. با این حال می‌توان استنباط کرد که محصولات این کاربری در سال ۱۹۸۷ برداشت شده‌اند و همین امر باعث شده که انرژی تابشی گسیل شده 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 نگه داشتن دمای سطح شده است.

کمترین دمای ثبت شده در شهرستان نمین به ترتیب مربوط به کاربری آب (۲۱ درجه سانتی‌گراد)، جنگل (۲۱ درجه سانتی‌گراد) و کشاورزی آبی (۲۲ درجه سانتی‌گراد) است. با توجه به اینکه آب دارای ظرفیت گرمایی بالایی است، لذا بیشترین اثر را در کاهش دما دارد (۵). احمدی و همکاران (۲) نتایج مشابهی را گزارش کردند. حداقل وابستگی منفی بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی مربوط به کاربری آبی است که این امر مؤید این مطلب است که در این مناطق میزان پوشش گیاهی نسبت به سایر کاربری‌ها کمتر است (۴). در کاربری‌های جنگل و کشاورزی آبی به دلیل پوشش گیاهی بیشتر دما سطح زمین کمترین مقدار (به ترتیب ۲۳ و ۲۴ درجه

سانتی‌گراد در سال ۱۹۸۷ و ۲۱ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۱۵) را نسبت به سایر کاربری‌ها دارا است که با نتایج قربان‌نیا خیبری و همکاران (۱۰) مطابقت دارد. در تحقیقی مشابه فیضی‌زاده و همکاران (۷) به بررسی دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم پنجره مجزا نشان دادند که بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین رابطه معنی‌داری وجود دارد چنان‌که مناطق دارای پوشش گیاهی دارای حداقل دما و مناطق عاری از پوشش گیاهی دارای حداکثر دما بوده است که نشان از نقش و اهمیت پوشش گیاهی در منطقه است. کاربری مربوط به کشاورزی در این ناحیه، بعد از مناطق جنگلی دارای کمترین دمای سطحی (۲۴ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۹۸۷ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد در سال ۲۰۱۵) است. با توجه به اینکه محصولات زراعی کشت شده در این محدوده گیاهانی از جمله سیب‌زمینی است و این گیاهان دارای نیاز آبی بیشتری نسبت به گیاهان دیگر از جمله گندم دارند و اغلب نیاز آبی آن‌ها به صورت هفتگی است. بنابراین، این گیاهان در این ماه دارای سبزیگی 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 نگه داشتن دمای سطحی بسیار تأثیرگذار بوده است. احمدی و همکاران (۲) در مطالعه خود نتایج مشابهی گزارش کردند.

کاربری مرتع در هر دو سال مورد مطالعه، دمای بالایی (به ترتیب ۲۷ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) را داشته است و اختلاف ناچیزی بین هر دو سال مشاهده می‌شود. دلیل بالا بودن دمای این کاربری، با توجه به فصل مورد مطالعه که اواخر خرداد و اوایل تیرماه 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 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 تبخیر و تعرق در کاربری مرتع باعث افزایش دمای آن شود و همچنین انرژی

تابشی بیشتری را دریافت و در خود ذخیره کند. اصغری سراسکانرود و امامی (۵) نیز نتایج مشابهی گزارش کردند. احمدی و همکاران (۲) در مطالعه خود دلیل افزایش دمای سطحی زمین در کاربری مرتع را با وجود پوشش گیاهی ناشی از فصل تصویب‌برداری دانسته و بیان کردند که اغلب پوشش گیاهی در این ماه از سال خشک است، بنابراین تبخیر و تعرق توسط آن‌ها کم است که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی در کاربری مرتع در هر دو سال مورد مطالعه بالاترین همبستگی (۰/۹۱ در سال ۱۹۸۷ و ۰/۸۳ در سال ۲۰۱۵) را به خود اختصاص داد در حالی که در کاربری جنگل ضریب همبستگی کمترین مقدار (۰/۴۶ در سال ۱۹۸۷ و ۰/۲۳ در سال ۲۰۱۵) را داشت. افزایش شاخص پوشش گیاهی NDVI منجر به افزایش پوشش گیاهی سبز جزء به جزء و در نتیجه افزایش گسیل‌مندی خواهد شد، با افزایش گسیل‌مندی دمای سطحی کاهش خواهد یافت. نکته مهم در توضیح این متغیر این است که هر مقدار پوشش گیاهی قادر به کاهش دمای سطحی زمین نخواهد بود. در صورتی که مقدار پوشش گیاهی به اندازه‌ای باشد که منجر به افزایش گسیل‌مندی بیشتر از یک شود، در این حالت دمای سطحی کاهش خواهد یافت (۱۰).

کاربری نواحی انسان‌ساخت شامل شهر نمین و روستاهای حاشیه آن در سال ۲۰۱۵ دارای دمای سطحی پایین‌تری (۲۲ درجه سانتی‌گراد) نسبت به کاربری‌های مرتع (۲۵ درجه سانتی‌گراد و دیمزار (۲۷ درجه سانتی‌گراد) بوده است. اگرچه پیش‌بینی می‌شد این کاربری دارای بیشترین دمای سطحی باشد، اما به نظر می‌رسد به دلیل تأثیر عواملی از جمله وجود پارک‌ها که باعث تبخیر و تعرق شده و در خنک‌کنندگی شهر مؤثرند و همچنین عواملی دیگر از جمله سقف اغلب بام ساختمان‌ها که ایزوگام بوده و در انعکاس انرژی تابشی نقش زیادی دارند، باعث شده این کاربری دارای دمای سطحی پایین‌تری باشد (۲).

نکته اساسی که این پژوهش آن را دنبال می‌کرد، بررسی تأثیر نوع و تغییر کاربری بر میزان دمای سطح زمین بود.

تغییرات دمای سطح زمین در بازه زمانی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ در کاربری‌های مختلف فرضیه‌های اول و دوم پژوهش مبنی بر اینکه نوع کاربری و تغییرات کاربری اراضی تأثیر محسوسی در تغییرات دمای سطح زمین دارد را تأیید می‌کند و به‌طور کلی کسب اطلاعات از دمای سطح زمین و ارتباط آن‌ها با کاربری‌های اراضی می‌تواند راهگشای تصمیمات مدیریتی برای حفاظت از منابع باشد و با اتخاذ سیاست‌های مطلوب و درست به پیش‌بینی وضع آینده اقدام کنند. هرچند نواحی عاری از پوشش گیاهی دارای دمای سطحی بالاتری نسبت به نواحی است که دارای پوشش گیاهی هستند نتایج نشان داد همبستگی معنی‌داری بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین وجود ندارد که عمدتاً ناشی از مقدار کافی پوشش گیاهی است. بنابراین فرض سوم پژوهش مبنی بر همبستگی معنی‌دار پوشش گیاهی با دمای سطح زمین رد می‌شود. اگرچه نتایج این تحقیق نشان از عدم رابطه بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین است اما از طرفی دیگر مطالعاتی هم وجود دارند که نشان می‌دهند عوامل مختلفی بر نوع و شکل یا رابطه اثرگذار است که از جمله می‌توان به نوع کاربری اراضی و پوشش زمین، مقدار پوشش گیاهی، فصل سال، زمان روز، نوع اکوسیستم، عرض جغرافیایی و عوامل محدود کننده و محرک رشد پوشش گیاهی مثل مقدار آب و انرژی خورشیدی اشاره کرد (۱۰). لذا پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی این عوامل نیز مورد بررسی قرار گیرد.

## References

1. Aboelnour M, Engel BA. 2018. Application of remote sensing techniques and geographic information systems to analyze land surface temperature in response to land use/land cover change in Greater Cairo Region, Egypt. *Journal of Geographic Information System*, 10(1): 57-88. doi:https://doi.org/10.4236/jgis.2018.101003.
2. Ahmadi B, Ghorbani A, Safarrad T, Sobhani B. 2015. Evaluation of surface temperature in relation to land use/cover using remote sensing data. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 6(1): 61-77. (In Persian)
3. Ahmadi M, Ashorlo D, Narangifard M. 2013. Temporal-spatial variation and thermal patterns, using ETM<sup>+</sup> and TM data for Shiraz city. *Iranian*

- Journal of Remote Sensing and GIS, 4(4): 55-67. (In Persian)
4. Akbari E, Ebrahimi M, Fiezizadeh B, Nezhadsoleimani H. 2016. Evaluating Land Surface Temperature related to the Land use Change Detection by Satellite Image (Case study: Taleghan Basin). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 26(4): 151-170. (In Persian)
  5. Asghari Saraskanroud S, Emami H. 2019. Monitoring the earth surface temperature and relationship land use with surface temperature using of OLI and TIRS Image. *Journal of Researches in Geographical Sciences*, 19(53): 195-215. doi:https://doi.org/10.29252/jgs.19.53.195. (In Persian)
  6. Du Y, Wu D, Liang F, Li C. 2013. Integration of case-based reasoning and object-based image classification to classify SPOT images: a case study of aquaculture land use mapping in coastal areas of Guangdong province, China. *GIScience & Remote Sensing*, 50(5): 574-589. doi:https://doi.org/10.1080/15481603.2013.842292
  7. Feizizadeh B, Didehban K, Gholamnia K. 2016. Extraction of Land Surface Temperature (LST) based on landsat satellite images and split window algorithm Study area: Mahabad Catchment. *Journal of Geographical Data*, 98: 171-182. (In Persian)
  8. Ganasri BP, Dwarakish GS. 2015. Study of Land use/land Cover Dynamics through Classification Algorithms for Harangi Catchment Area, Karnataka State, INDIA. *Aquatic Procedia*, 4: 1413-1420. doi:https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.183.
  9. García-Haro F, Camacho-de Coca B, Meliá J, Martínez B. 2005. Operational derivation of vegetation products in the framework of the LSA SAF project. EUMETSAT Meteorological Satellite Conference. Dubrovnik (Croatia). September 19-23 (Eumetsat Publ.: Darmstad). In., pp 1-6.
  10. Ghorbannia Kheybari V, Mirsanjari M, Liaghati H, Armin M. 2017. Estimating land surface temperature of land use and land cover in Dena county using single window algorithm and landsat 8 satellite data. *Journal of Environmental Sciences*, 15(2): 55-74. (In Persian)
  11. Gondwe SV, Muchena R, Boys J. 2018. Detecting Land Use and Land Cover and Land Surface Temperature Change in Lilongwe City, Malawi. *Journal of Remote Sensing & GIS*, 9(2): 17-26.
  12. Heidari MA, Tavakoli A. 2017. Analyzing of the Relationship Between Land Surface Temperature Temporal Changes and Spatial Pattern of Land Use changes. *The Journal of Spatial Planning*, 21(3): 119-144. (In Persian)
  13. Howarth PJ, Wickware GM. 1981. Procedures for change detection using Landsat digital data. *International Journal of Remote Sensing*, 2(3): 277-291. doi:https://doi.org/10.1080/01431168108948362.
  14. Jensen JR. 2015. Remote sensing and digital image processing. *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective*: 1-34.
  15. Johnson B, Tateishi R, Kobayashi T. 2012. Remote sensing of fractional green vegetation cover using spatially-interpolated endmembers. *Remote Sensing*, 4(9): 2619-2634. doi:https://doi.org/10.3390/rs4092619.
  16. Kakeh Mami A, Ghorbani A, Kayvan Behjoo F, Mirzaei Mosivand A. 2017. Comparison of visual and digital interpretation methods of land use/cover mapping in Ardabil province. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 8(3): 121-134. (In Persian)
  17. Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J. 2015. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, 736p.
  18. Lu D, Li G, Moran E, Freitas C, Dutra L, Sant'Anna S. 2012. A comparison of maximum likelihood classifier and object-based method based on multiple sensor datasets for land-use/cover classification in the Brazilian Amazon. *Proceedings of 4th Geographic Object-Based Image Analysis (GEOBIA)*, Rio de Janeiro, Brazil: 7-9.
  19. Mir Yaghoubzadeh M, Ghanbarpour M. 2009. The application of remote sensing data in land surface temperature estimation (A case study of the Westin watershed, East Azerbaijan). *Journal of Rangeland*, 4(2): 723-734. (In Persian)
  20. Nduati EW, Murimi NM, Mundia CN. 2013. Effects of vegetation change and land use/land cover change on land surface temperature in the mara ecosystem. *International Journal of Science and Research*, 8(2): 22-28.
  21. Rajeshwari A, Mani N. 2014. Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(5): 122-126.
  22. Sobrino JA, Jiménez-Muñoz JC, Paolini L. 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4): 434-440. doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003.
  23. Stehman SV. 2004. A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70(6): 743-751. doi:https://doi.org/10.14358/PERS.70.6.743.
  24. USGS L. 2015. 8 (L8) data users handbook. USGS: Reston, VA, USA, URL:http://earthexplorer.usgs.gov.
  25. Valizadeh Kamran K, Gholamnia K, Eynali G,

- Moosavi M. 2017. Estimation land surface temperature and extract heat islands using split window algorithm and multivariate regression analysis (Case Study of Zanjan). *Journal of Research and Urban Planning*, 30(8): 33-50. (In Persian)
26. Veysi S, Naseri A, Hamzeh S, Moradi P. 2016. Estimation of sugarcane field temperature using Split Window Algorithm and OLI LandSat 8 satellite images. *Journal of RS and GIS Techniques for Natural Resources*, 7(1): 27-40. (In Persian)
27. Wan Z, Dozier J. 1996. A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 34(4): 892-905. doi:<https://doi.org/10.1109/36.508406>.
28. Xiong Y, Huang S, Chen F, Ye H, Wang C, Zhu C. 2012. The impacts of rapid urbanization on the thermal environment: A remote sensing study of Guangzhou, South China. *Remote sensing*, 4(7): 2033-2056. doi:<https://doi.org/10.3390/rs4072033>.
29. Yuan F, Bauer ME. 2007. Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, 106(3): 375-386. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.09.003>.
30. Zhi-qiang L, Zhou Q-g. 2011. Utility of Landsat Image in the Study of Land Cover and Land Surface Temperature Change. *Procedia Environmental Sciences*, 10: 1287-1292. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.09.206>.