

تحلیل فضایی - ماهواره‌ای دمای رویه زمین در حوضه آبریز سفیدرود

سید محمد حسینی*^۱، علیرضا کربلایی^۲

- ۱- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سید جمال‌الدین اسدآبادی، اسدآباد، ایران.
- ۲- دکتری آب‌وهواشناسی سینوپتیک، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

دریافت: ۱۴۰۰/۷/۱۵ پذیرش: ۱۴۰۰/۹/۲۹

چکیده

امروزه کاربری داده‌های ماهواره‌ای-دورسنجی، دمای رویه زمین را که عامل اساسی فرایندهای فیزیکی سطح زمین در مقیاس منطقه‌ای و جهانی و یکی از پارامترهای مهم در تعیین بیلان انرژی زمین در پژوهش‌های اقلیمی، هیدرولوژیکی و بیولوژیکی است، واکاوی می‌کند. در نوشتار حاضر، برای نیل به این هدف، از داده‌های روزانه سنجنده مودیس ماهواره تررا برای واکاوی میانگین بلندمدت ماهانه و روند دمای رویه زمین در حوضه آبریز سفیدرود، استفاده شده است. بازه زمانی این داده‌ها روزانه است و از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ برابر با ۶۴۴۹ روز خورشیدی را شامل می‌شود. تفکیک مکانی یاخته‌ها، *۱ کیلومتری در سیستم شبکه‌بندی سینوسی است که برای پهنه سفیدرود، ۶۸،۹۹۲ یاخته مکانی استخراج شده است. همچنین برای تشخیص و آشکارسازی روند دمای رویه زمین از آزمون من-کندال استفاده شد. پهنه‌بندی مکانی دمای رویه زمین نشان داد که دمای رویه در این حوضه به خوشه‌ای شدن و لانه‌گزینی میل دارد، به طوری که در دوره گرم سال (بهار و تابستان)، گرانبگاه و ثقل افزایشی دمای رویه در بخش‌های مرکزی این حوضه که منطبق بر مناطق کم‌ارتفاع و پست حوضه است، انطباق دارد و در دوره سرد سال (پاییز و زمستان)، افت محسوس دما در این بخش‌ها تشدید می‌شود. مجاورت بخش‌های شمالی و غربی این حوضه با گره‌گاه کوهستانی شمال غرب از یک سو و همسایگی با کرانه‌های جنوبی دریای خزر و



توپوگرافی البرز از سوی دیگر، سبب کاهش دمای روبه در دوره گرم سال و افزایش نسبی دما در دوره سرد سال شده است. همچنین نتایج آزمون روند حاکی از این است که در تمام ماه‌ها، روند افزایشی معنادار در دمای روبه، به‌ویژه در ماه‌های تابستان (تیر، مرداد، شهریور به ترتیب با ۲۲/۹۲، ۱۱/۶۷ و ۱۳/۴۷ درصد از مساحت حوضه) و در زمستان (دی، بهمن و اسفند به ترتیب با ۳۲/۳۵، ۱۰/۲۷ و ۱/۷۵ درصد از مساحت حوضه)، کاملاً مشهود است و ماه‌های بهار و پاییز دارای روند کاهشی ناچیز در دمای روبه هستند. بیشترین میزان روند افزایشی معنادار مربوط به دی‌ماه و بیشترین روند منفی معنادار، از آن مه‌ماه است. به‌طور کلی ۸۹/۵ درصد از مساحت حوضه سفیدرود، بدون روند؛ ۹/۲۲ درصد، روند افزایشی و ۱/۲۸ درصد، روند کاهشی معنادار در دمای روبه زمین را به خود اختصاص داده‌اند.

واژه‌های کلیدی: دمای روبه زمین، ماهواره مودیس ترا، تحلیل روند، دورسنجی، حوضه آبریز سفیدرود.

۱- مقدمه

امروزه یکی از مهم‌ترین مشکلات حوضه‌های آبریز، افزایش دمای روبه زمین (LST) است که ناشی از ورودش‌های اقلیمی و گرمایش جهانی از یک سو و دگرگونی‌های به‌وجودآمده در سطوح طبیعی حوضه‌ها، از جمله کاهش پوشش گیاهی (اسمعیل‌پور و عزیزپور، ۱۳۸۸: ۳۸) و ایجاد سطوح غیرقابل نفوذ (ساخت‌وسازها، تغییر کاربری اراضی کشاورزی و جنگلی) از سوی دیگر است (ملک‌پور و طالعی، ۱۳۹۰: ۲۲؛ خسروی و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۲۰)؛ به‌طوری که دما، به‌ویژه دمای هوای مجاور سطح زمین که محل سکونت انسان را احاطه می‌کند، از مهم‌ترین مؤلفه‌های آب‌وهوایی در حوضه‌ها به‌شمار می‌رود. لذا شناسایی بخش‌های گرم‌تر و سردتر حوضه‌های آبریز هشدار در زمینه مصرف بی‌رویه انرژی (فلاح‌شمسی و همکاران، ۱۳۸۸: ۹۵)، توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی، افزایش دمای روبه (Guo et al., 2012: 13)، آلودگی هوا و جزیره گرمایی (مسعودیان و ترکی، ۱۳۹۸: ۷۵) است که نقش فراسنج دمایی را بیش از پیش آشکار می‌سازد. در حال حاضر پژوهش در زمینه دمای روبه زمین به‌دلیل تأثیر آن بر میزان تبادل انرژی در سطح زمین و هواسپهر و نیز تشعشعات بازتاب‌شده از سطح زمین از اهمیت نخست در پژوهش‌های آب‌وهواشناسی برخوردار است (Sun et Voogt and Oke, 2003:370؛ Srivastava et al., 2009: 1564؛ al., 2004: 364). این اهمیت سبب شده است در دو دهه

اخیر، تلاش‌های بسیار زیادی در زمینه ارائه روش یا روش‌هایی برای برآورد دمای رویه زمین با استفاده از داده‌های دورسنجی و ماهواره‌ای انجام پذیرد (Mao et al., 2005: 3182؛ جمالی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۷۶)؛ چراکه با این تکنیک می‌توان محاسبات دمای رویه را با قدرت بالای تفکیک زمانی و مکانی سنجید (Li et al., 2013: 14). این درحالی است که به دلیل پیچیدگی‌های دمای رویه زمین، اندازه‌گیری‌های زمینی در سرتاسر مناطق وسیع امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین با توسعه علوم دورسنجی و ماهواره‌ای، دمای رویه زمین برای منطقه‌ای وسیع با دقت بالا، قابل محاسبه خواهد بود (Bai et al., 2019: 1106؛ جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۰) و استفاده از تشعشع فروسرخ حرارتی و کاربرد مدل‌های فیزیکی، ابزار مناسبی برای محاسبه مقدار دمای سطح در نواحی وسیعی محسوب می‌شود (حجازی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲: ۳۳). با توجه به محدودیت اطلاعاتی که در راه تأمین داده‌ها، به‌ویژه در وسعت زیاد، با مشکلات و موانع فراوان همراه است و دستیابی به آن در زمان واقعی سخت یا ناممکن است، بنابراین لزوم استفاده از فناوری دورسنجی ماهواره‌ای با شرایط زمانی مورد اشاره، همراه با ویژگی پیوستگی و داده‌برداری در محدوده‌های گسترده برای نیل به اهداف بالا، بسیار می‌تواند کارا باشد (Niclos et al., 2014: 1381؛ جلیلی و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۳۹؛ قره‌لو و قاسمی‌فر، ۱۳۹۸: ۱۹۴).

دمای رویه زمین، تابعی از انرژی خالص در سطح زمین است که به مقدار انرژی رسیده به سطح، گسیلندگی، رطوبت، جریان هوای جو، توپوگرافی و شرایط اقلیمی منطقه بستگی دارد و امروزه با توسعه فناوری ماهواره‌ای و دورسنجی، پایش این فراسنج با دقت بالا و در گستره زیاد قابل محاسبه شده است؛ چراکه کمبود پیمونگه و پراکنش ناموزون آن‌ها در مناطق مختلف ایران، ضرورت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای را حائز اهمیت می‌کند. این درحالی است که امروزه وردش‌های اقلیمی به سبب تشدید گرمایش جهانی، روند دمای رویه زمین را دستخوش تغییرات زمانی-مکانی نابهنجاری کرده است. پژوهش‌های مختلفی در دنیا و حتی در ایران برای اندازه‌گیری، برآورد و روند دمای رویه زمین با کاربست فناوری دورسنجی انجام شده است که همگی نشانگر افزایش دمای رویه زمین ناشی از گرمایش جهانی است؛ برای نمونه: افزایش دمای رویه در ایسلند (Morris et al., 2001)؛ افزایش دمای رویه در نواحی شهری و کاهش آن در مناطق جنگلی در ایالات ویسکانسین آمریکا (Sun and Pinker., 2004)؛ در چین (Xu and Chen., 2005)؛ در مکزیکو (Xiao and Moody., 2005) در لاس‌وگاس (Xian and Crane, 2006)؛ در ایتالیا (Morabito et al., 2016)؛ افزایش دمای رویه ناشی از کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری کشاورزی در شهر یزد (Zareie et al., 2016)؛ افزایش دمای رویه در مناطق شهری آتلانتا (Fu and Weng., 2016)؛ افزایش معنادار دمای رویه با کاهش پوشش گیاهی در



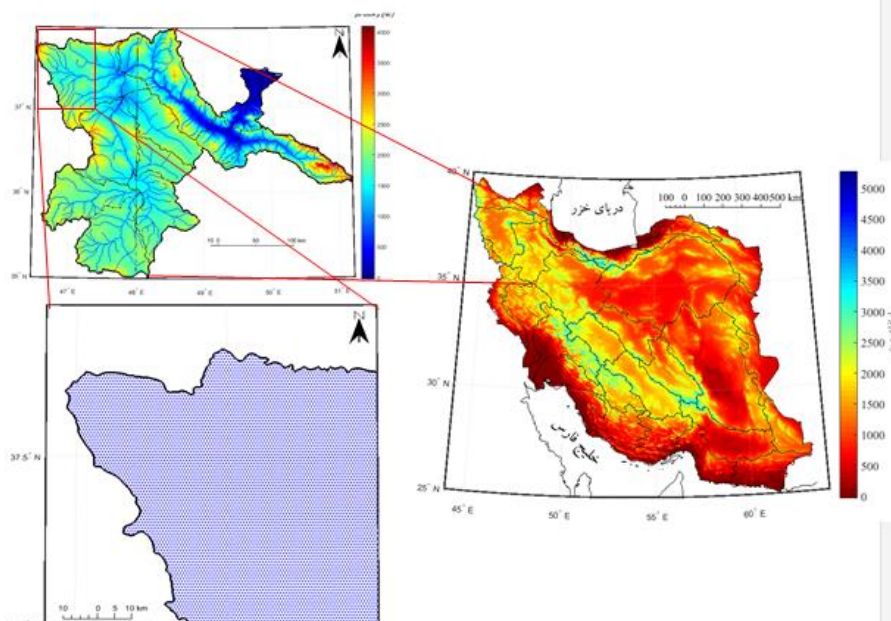
شهر یانبو عربستان (Aina et al., 2017)؛ افزایش دمای رویه با افزایش اراضی بیابانی در حوضه آبخیز سین‌کیانگ چین (Zhang et al., 2017)؛ ارتباط معنادار مثبت بین دمای رویه با سطوح نفوذناپذیر شهری و منفی با فضای سبز در تایلند، اندونزی و فیلیپین (Ronald et al., 2017)؛ افزایش دمای رویه در نواحی شهری یانگون میانمار (Wang et al., 2018)؛ رابطه منفی معکوس بین دمای رویه با ارتفاع در مناطق کوهستانی (Hi et al., 2018)؛ هم‌بستگی منفی بین دمای رویه با پوشش گیاهی در تانزانیا (Muro et al., 2018)؛ افزایش دمای رویه در نواحی شهری به‌سبب تخریب اراضی کشاورزی در دلتای رودخانه پیارل چین (Wang et al., 2019)؛ افزایش دمای رویه به‌سبب خشک شدن تالاب‌های سه‌گانه سیستان (Firozi et al., 2020)؛ کاهش معنادار دمای رویه با افزایش پوشش گیاهی متراکم در مراغه (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۰)؛ تمرکز دمای رویه در نواحی کوهستانی شرق و نواحی صنعتی غرب تهران (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲)؛ افزایش دمای رویه به‌سبب تغییر کاربری اراضی در حوضه آبریز دریاچه پریشان (انتظاری و همکاران، ۱۳۹۵)؛ افزایش دمای رویه با توسعه مناطق شهری در شهرکرد (ابراهیمی و کیانی سلمی، ۱۳۹۸)؛ افزایش پوشش گیاهی با کاهش دمای رویه در ایران (آروین، ۱۳۹۸)؛ رابطه معکوس بین دمای رویه با پوشش گیاهی در اردبیل (کاکه‌ممی و همکاران، ۱۳۹۹).

امروزه در دنیا استفاده از ماهواره‌ها، داده‌برداری آن‌ها و داده‌گواری‌های مدرن، امری رایج و البته رو به رشد در پژوهش‌های زیست‌محیطی و آب‌وهواشناختی است. این درحالی است که ایستگاه‌های زمینی به‌علت محدودیت در ابزار، روش و گستره، چندان قادر به استخراج دقیق و روزآمد داده‌های جوی و البته دورپیوندی نیستند. هدف از این پژوهش، واکاوی و شناسایی پیکربندی و رفتار دمای رویه زمین در حوضه آبریز سفیدرود است. آگاهی از پراکندگی دمای رویه زمین از جهات مختلف سودمند است؛ زیرا دما فراسنجی است که در تبخیر و تعرق، پوشش برفی، سپیدایی و منابع آبی هر منطقه مؤثر است. لذا در پژوهش حاضر سعی شده است با استفاده از داده‌های دورسنجی ماهواره مودیس، پراکنش و روند بلندمدت دمای رویه زمین در دومین حوضه آبریز بزرگ ایران (بعد از حوضه آبریز نمک) واکاوی و آشکارسازی شود؛ زیرا اقلیم دستگاه بزرگی است که خود از اندرکنش (ارتباط متقابل) میان چندین دستگاه دیگر پدید می‌آید. بنابراین تغییراتی که در دمای این حوضه ایجاد می‌شود، بر سایر فراسنج‌های اقلیمی منطقه نیز اثرگذار خواهد بود.

۲- روش تحقیق

۲-۱- قلمرو مورد بررسی

حوضه آبریز سفیدرود بزرگ با میانگین بارش ۴۱۵ میلی‌متر، یکی از حوضه‌های باز ایران است که در تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز ایران، زیرمجموعه حوضه آبریز دریای خزر است. مساحت این حوضه ۵۹,۲۷۳ کیلومتر مربع (۹ درصد از مساحت کل کشور) است (دودانگه و همکاران، ۱۳۹۰). رودخانه شاهرود از شرق و رودخانه قزل‌اوزن از غرب در محل سد سفیدرود به هم می‌پیوندند و رودخانه اصلی این حوضه به نام «سفیدرود» را تشکیل می‌دهند. این حوضه نیمی از مساحت استان‌های زنجان و کردستان، بخش‌های بزرگی از استان‌های آذربایجان شرقی، اردبیل، گیلان، قزوین و البرز، و بخش‌های اندکی از استان‌های آذربایجان غربی، مازندران و همدان را شامل می‌شود. از نظر کاربری اراضی، زمین‌های کشاورزی ۲۳,۰۰۰ کیلومتر مربع (۳۸/۸ درصد)، اراضی شهری ۱۸۰ کیلومتر مربع (۰/۳ درصد)، مراتع ۳۴,۱۹۳ کیلومتر مربع (۵۷/۷ درصد) و اراضی جنگلی ۱۹۰۰ کیلومتر مربع (۳/۲ درصد) از مساحت حوضه را دربر می‌گیرند (نصرتی و همکاران، ۱۳۹۷). موقعیت پهنه مورد بررسی و بخشی از یاخته‌های ماهواره‌ای حوضه آبریز سفیدرود در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت پهنه مورد بررسی و نمونه‌ای از یاخته‌های ماهواره‌ای حوضه آبریز سفیدرود



۲-۲- روش تحقیق

برای واکاوی میانگین بلندمدت ماهانه و روند دمای رویه زمین در حوضه آبریز سفیدرود، از داده‌های سنجنده مودیس ماهواره ترا^۱ در بازه زمانی روزانه و تفکیک مکانی ۱×۱ کیلومتر و سیستم شبکه‌بندی سینوسی استفاده شده است. در این نوع شبکه‌بندی، ایران در شش تصویر مودیس قرار می‌گیرد و با موزاییک کردن این تصاویر و کاشی‌ها در کنار یکدیگر، پوشش کل ایران به دست می‌آید. سپس کاشی‌ها و داده‌های مربوط به حوضه آبریز سفیدرود از درون مجموعه داده‌های دریافتی ماهواره، استخراج و بازکاوی می‌شوند که برای پهنه سفیدرود ۶۸،۹۹۲ یاخته مکانی استخراج شده است (شکل ۱). داده‌های دمای رویه زمین سنجنده مودیس ترا از تارنمای <http://modis.gsfc.nasa.gov> قابل برداشت است و از داده‌های فروسرخ حرارتی^۲ در باندهای ۳۱ (۱۰/۷۸-۱۱/۲۸ میکرومتر) و ۳۲ (۱۱/۷۷-۱۲/۲۷ میکرومتر) استخراج می‌شود. بازه زمانی این داده‌ها از ۲۰۰۲/۰۷/۰۴ تا ۲۰۲۰/۰۳/۱۹ معادل با ۱۳۸۱/۰۴/۱۳ تا ۱۳۹۸/۱۲/۲۹ برابر با ۶۴۴۹ روز خورشیدی را دربر می‌گیرد. لازم به ذکر است که برای محاسبه میانگین ماهانه و روند دمای رویه در ماه‌های خورشیدی، ابتدا تقویم خورشیدی معادل با تقویم میلادی که داده‌های ماهواره‌ای بر اساس آن برداشت شده است، تعریف شد؛ به این صورت که برای روز شروع داده‌برداری سال میلادی، اولین روز ژولینی تعریف شد و تا پایان دوره مورد بررسی، روزشمار ژولینی ادامه پیدا کرد. در نهایت، نقشه‌های میانگین ماهانه و روند دمای رویه زمین در حوضه سفیدرود در نرم‌افزار متلب^۳ ترسیم شد.

در این پژوهش، میانگین بلندمدت ماهانه وزنی^۴ (به‌علت استفاده از دمای پهنه‌ای) با محاسبه از طریق رابطه ۱ به دست آمد و سپس برازش این رابطه به ماتریس دمای رویه حوضه سفیدرود از طریق رابطه ۲ انجام گرفت.

$$WA = \cos(Lat * \pi / 180) \quad \text{رابطه ۱}$$

$$LstW = Lst * WA \quad \text{رابطه ۲}$$

در این رابطه‌ها، WA میانگین وزنی، Lat عرض جغرافیایی، π ۳/۱۴۱۵، $LstW$ میانگین وزنی دمای رویه و Lst ماتریس دمای رویه زمین تعریف شده است.

1. Terra
2. Thermal Infrared (TIR)
3. MATLAB Software
4. Weighing Average

همچنین در پژوهش حاضر برای بررسی روند دمای رویه زمین از آزمون ناپارامتریک من-کندال^۱ در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شده است. این آزمون برای ارزیابی حضور روند معنادار آماری در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و اقلیمی استفاده می‌شود (برن^۲، ۱۹۹۴؛ یو و همکاران^۳، ۲۰۰۲). از مزیت‌های این نوع آزمون روند این است که بر سری‌هایی که امکان برازش هیچ‌گونه توزیعی بر آن‌ها وجود ندارد، می‌توان استفاده کرد. از دیگر قابلیت‌های ویژه آزمون من-کندال، شناسایی رفتار روند و تشخیص معناداری است؛ به همین دلیل در مطالعات گسترده اقلیمی از آن استفاده می‌شود (کلدیز و همکاران^۴، ۲۰۱۵؛ ۳؛ زو و همکاران^۵، ۲۰۲۰؛ احمدی و همکاران^۶، ۲۰۲۱؛ آجولار^۷، ۲۰۲۱؛ هاگ و همکاران^۸، ۲۰۲۰؛ سینک^۹، ۲۰۲۱، ۲). شگرد من-کندال بر آماره تاو-کندال (τ) استوار است و برای بررسی تصادفی بودن سری زمانی کاربرد دارد و بر مبنای نبود روند در داده‌ها (فرض صفر) یا وجود روند در داده‌ها (فرض یک)، تصمیم‌گیری می‌کند. محاسبه این آزمون از رابطه ۳ به دست می‌آید (هیرچ و لک^{۱۰}، ۱۹۸۴، ۷۲۹):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad \text{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه، x_j ارزش j ام سری، x_k ارزش k ام سری و sgn تابع علامت است. پس از محاسبه واریانس، آماره کندال (Z) از رابطه ۴ محاسبه می‌شود:

$$\text{Var} = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} \quad n > 10 \quad \text{رابطه ۴}$$

$$Z = \left(\frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} \text{ if } s > 0 \right) \cup (0 \text{ if } s = 0) \cup \left(\frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} \text{ if } s < 0 \right)$$

1. Mann-Kendall
2. Burn
3. Yue et al
4. Colditz et al
5. Zou et al
6. Ahmadi et al
7. Aguilar
8. Haq et al
9. Singh
10. Hirsch and Slack

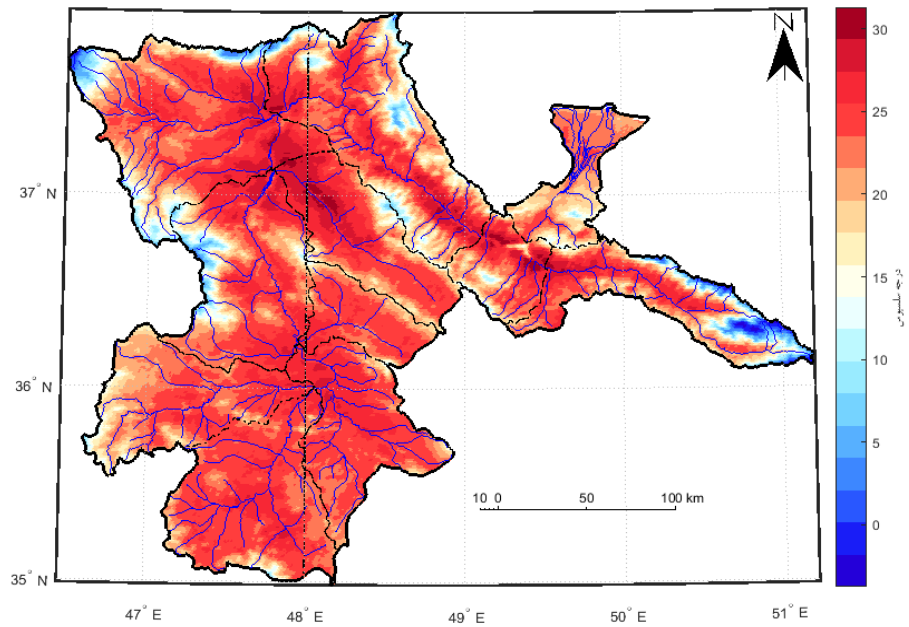


بنابراین در صورتی که آماره کندانال (Z) مثبت باشد، روند سری داده‌ها افزایشی و در صورت منفی بودن آن، روند کاهش‌ی است (تورگای و ارکان^۱، ۲۰۰۶: ۲۰۱۳؛ حجام و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۵۹). معمولاً این آزمون در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد انجام می‌شود. مقدار α برای ۹۵ درصد برابر ۰/۰۵ و برای ۹۹ درصد برابر ۰/۰۱ است. به دیگر سخن، اگر حد بالا و پایین Q که در دو سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ به دست می‌آید هر دو مثبت باشند، فرض وجود روند افزایشی در دما رد نمی‌شود. اگر حد بالا و پایین Q هر دو منفی باشند، فرض وجود روند کاهش‌ی در دما ثابت می‌شود و اگر حد بالا و پایین مختلف‌العلامه باشند، فرض وجود روند تأیید نمی‌شود (مسعودیان، ۱۳۸۳: ۹۳).

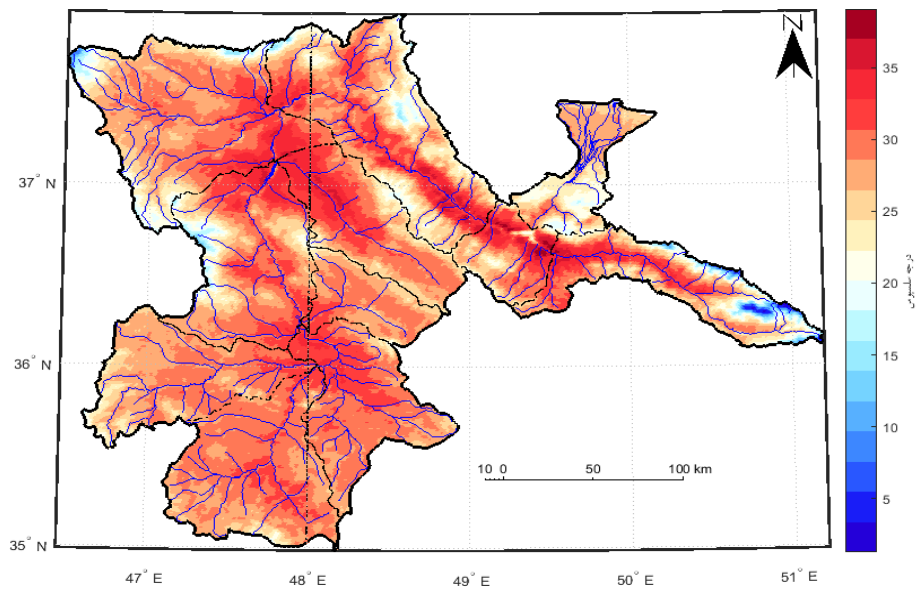
۳- یافته‌های تحقیق

۳-۱- میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در حوضه آبریز سفیدرود

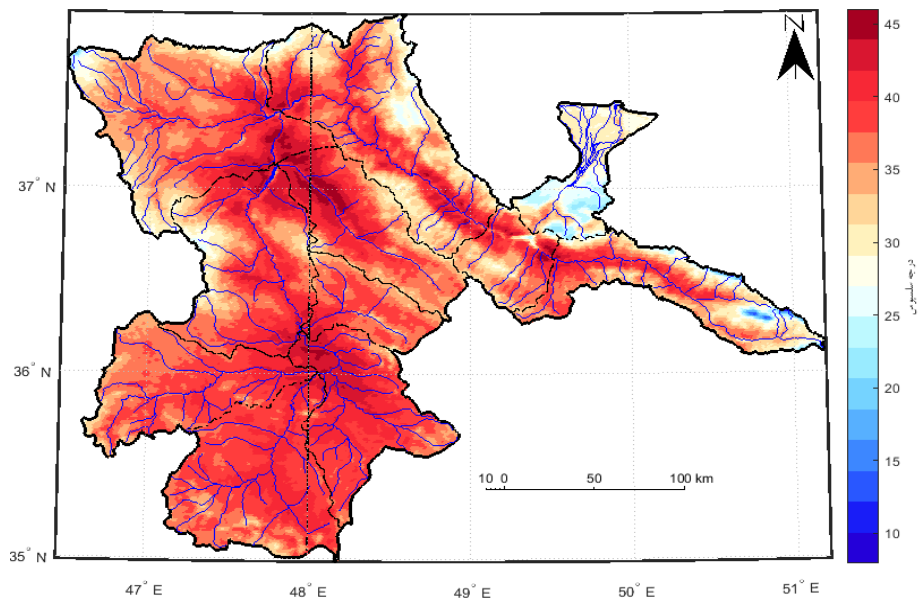
پراکنش مکانی دمای رویه زمین در حوضه آبریز سفیدرود حاکی از آن است که عموماً در دوره گرم سال (بهار و تابستان)، گرانیگاه و ثقل افزایشی دمای رویه در بخش‌های مرکزی این حوضه متمرکز شده است که انطباق بالایی با قسمت‌های کم‌ارتفاع و پست حوضه دارد. این درحالی است که قرارگیری بخش‌های مرزی این حوضه در مجاورت گره‌گاه کوهستانی شمال غرب ایران از یک سو و همسایگی با کرانه‌های جنوبی دریای خزر از سوی دیگر، سبب شده است نقش‌پذیری آن‌ها از شرایط سرد کوهستانی و وزش سرد دریا بیشتر شود و دمای کمتری را نیز ثبت کنند؛ به‌ویژه بخش‌های شمال شرقی این حوضه و بخش‌های ورودی رودخانه‌های این حوضه به دریای خزر در دوره گرم سال، به‌شدت متأثر از توپوگرافی البرز و وزش‌های خزری است. با گذر از ماه‌های بهاری و اوج گرفتن دما در ایران، هسته‌های بیشینه دما عقب‌نشینی کرده و در دو بخش شمالی و جنوبی حوضه متمرکز شده است (شکل ۲ تا ۸). با ورود به دوره سرد سال (پاییز و زمستان)، افت محسوس دما در این حوضه رخ‌نمایی می‌کند و مناطق هموار و کم‌ارتفاع با کاهش شدید دمای رویه، حتی کمتر از صفر درجه سلسیوس (۱۰- درجه)، مواجه می‌شوند. به‌نظر می‌رسد در این مواقع از سال، بخش‌های همسایه با دریای خزر به‌دلیل گرمای ویژه آب و وزش گرم دریای خزر و سد سفیدرود، از افزایش نسبی دما برخوردارند (شکل ۹ تا ۱۳). بنابراین نباید از نقش دینامیکی و توپوگرافی منطقه در وردش‌های دمای رویه حوضه سفیدرود غافل شد.



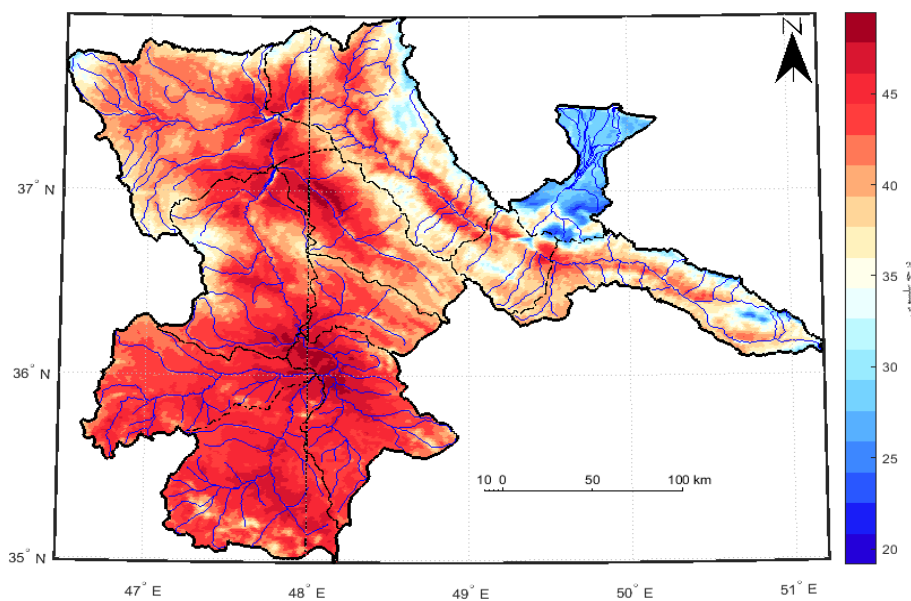
شکل ۲. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در فروردین ماه



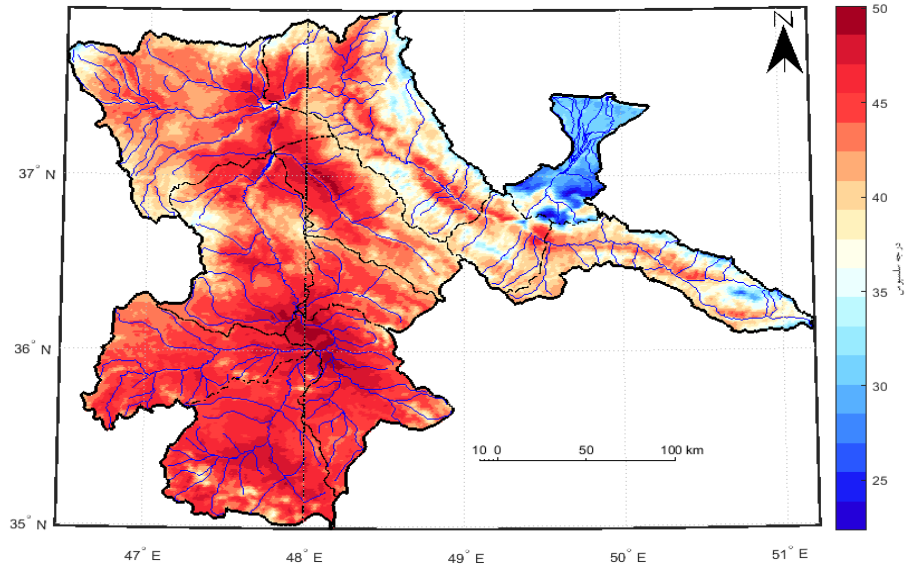
شکل ۳. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در اردیبهشت ماه



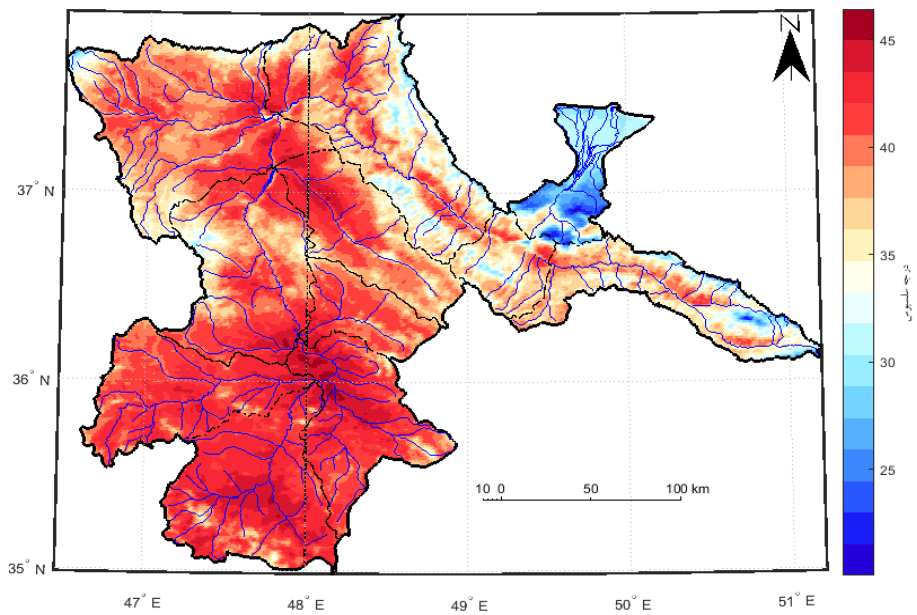
شکل ۴. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در خردادماه



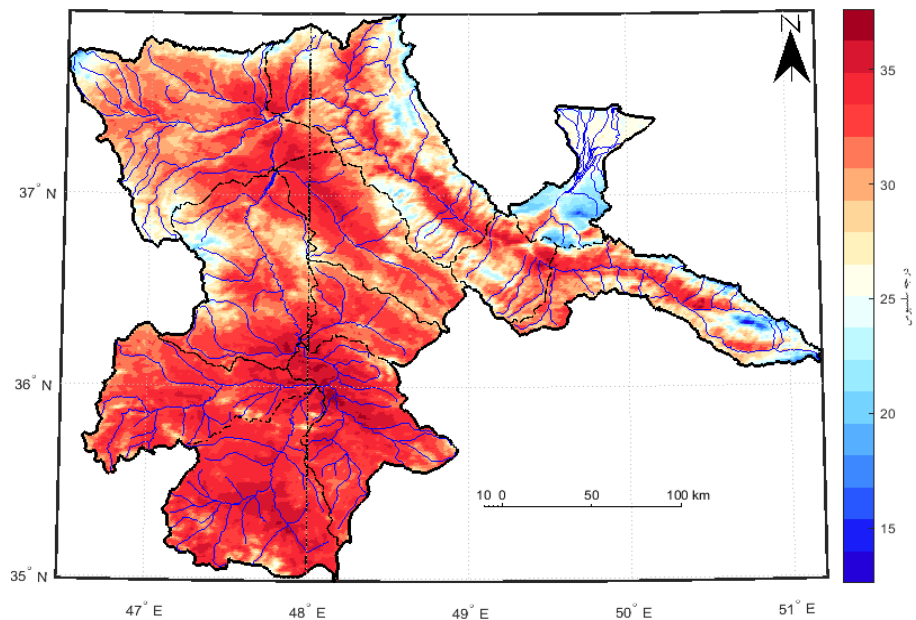
شکل ۵. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در تیرماه



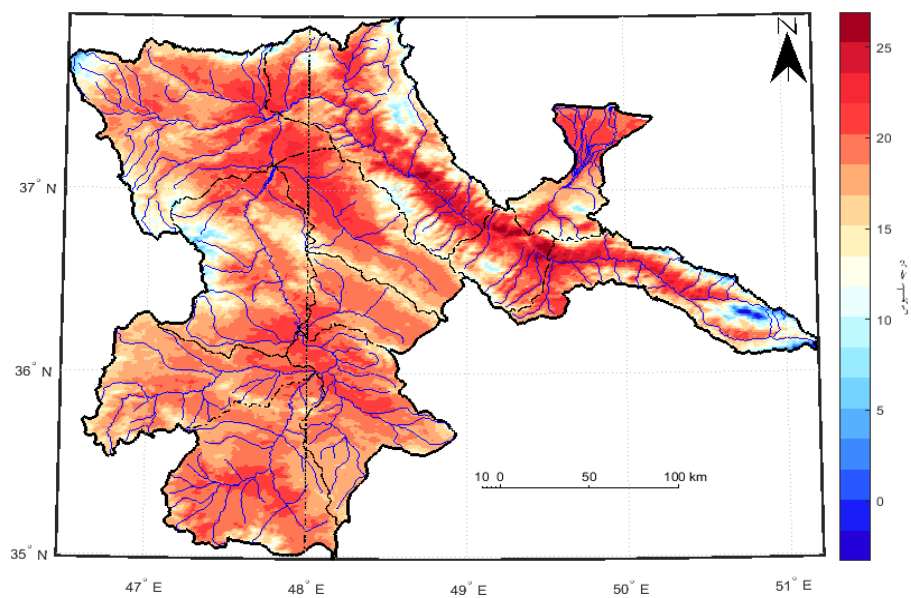
شکل ۶. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در مردادماه



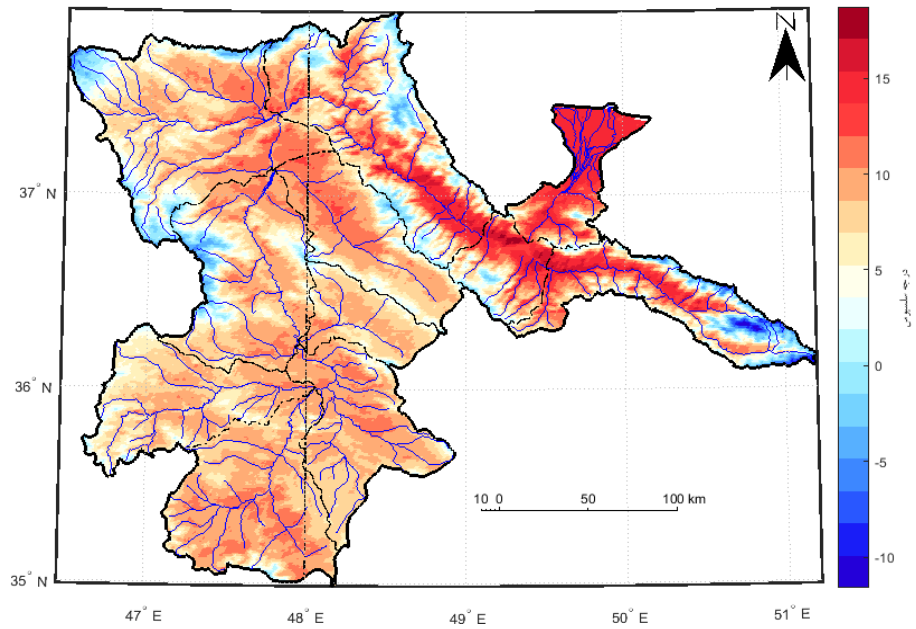
شکل ۷. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در شهریورماه



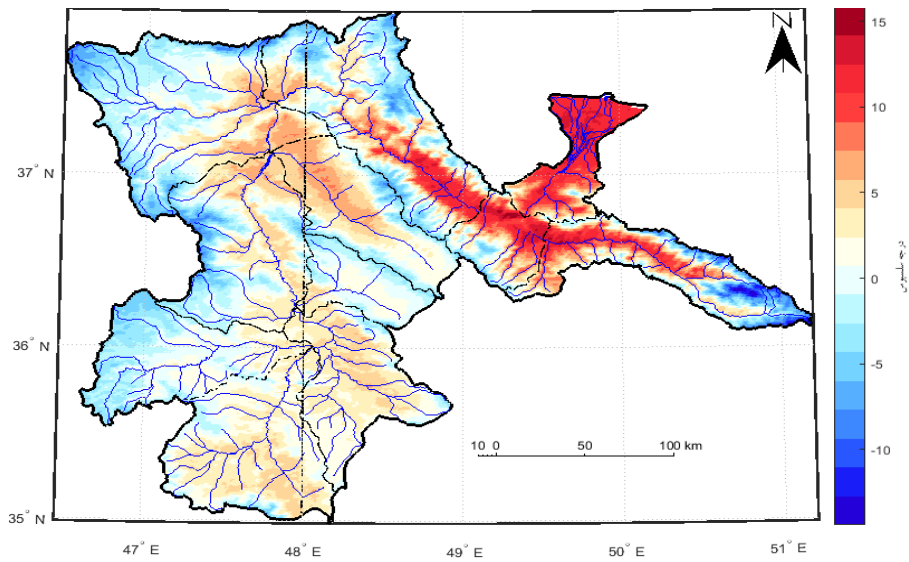
شکل ۸. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در مهرماه



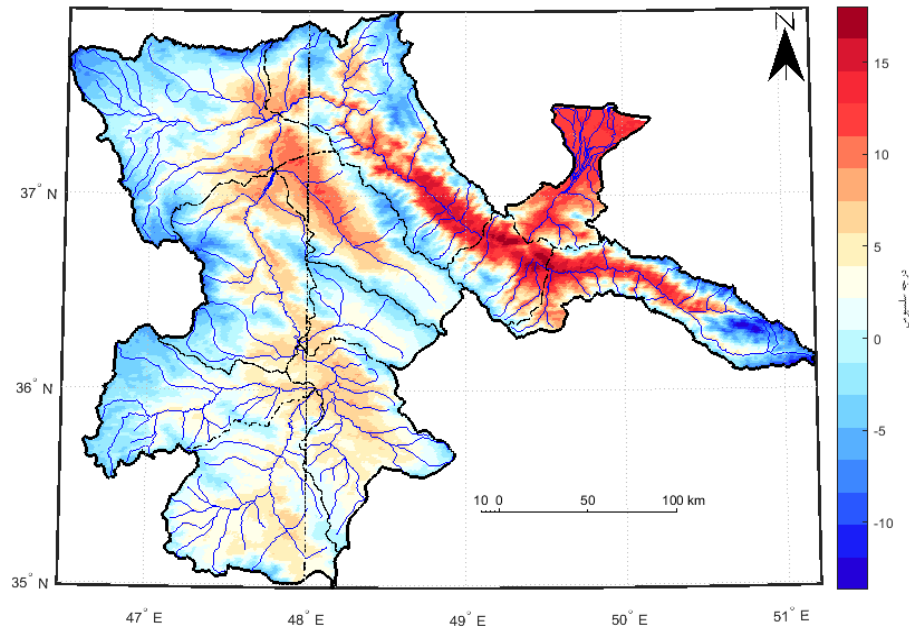
شکل ۹. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در آبان‌ماه



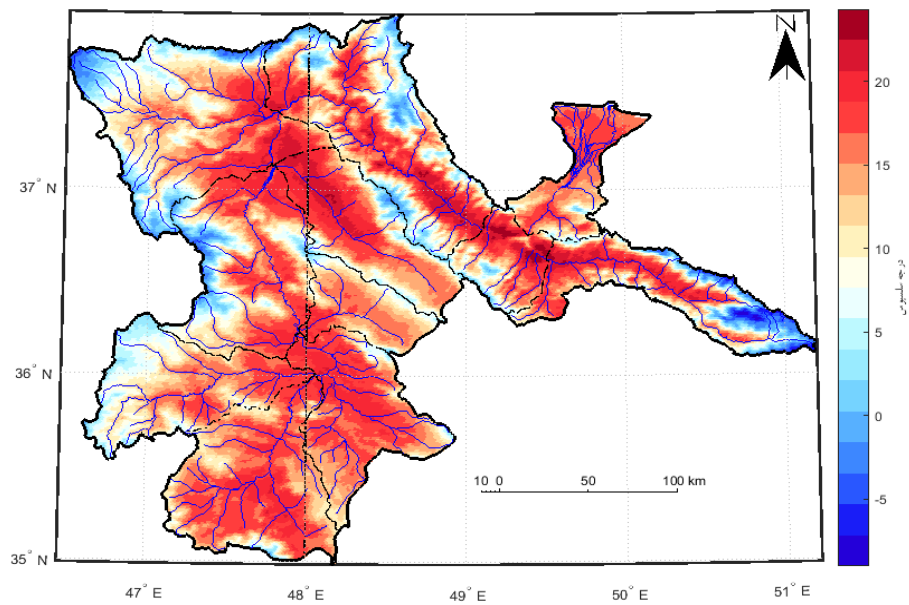
شکل ۱۰. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در آذرماه



شکل ۱۱. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در دی‌ماه



شکل ۱۲. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در بهمن‌ماه



شکل ۱۳. میانگین بلندمدت دمای رویه زمین در اسفندماه

۳-۲- پراکنش مکانی روند دمای رویه زمین در حوضه آبریز سفیدرود

واکاوی روند دمای رویه زمین در حوضه سفیدرود نشان می‌دهد که در سرتاسر حوضه، روند افزایشی در دمای رویه مشاهده می‌شود و این نشان‌دهنده افزایش نسبی دما در سطح کره زمین است، به طوری که تغییر اقلیم و گرمایش جهانی از یک سو و دخالت‌های انسانی در تغییر کاربری اراضی و ساخت‌وسازهای حریم رودخانه از سوی دیگر سبب شده است روند تغییرات دما در حوضه‌های آبریز، به‌ویژه در این حوضه، تشدید شود. نکته قابل تأمل این است که روند افزایشی دما در دو بخش از سال متمرکز شده است؛ نخست در ماه‌های تابستان (تیر، مرداد، شهریور به‌ترتیب با ۲۲/۹۲، ۱۱/۶۷ و ۱۳/۴۷ درصد از مساحت حوضه) که فصل افزایش دما در بخش گسترده‌ای از ایران است و دوم در ماه‌های زمستان (دی، بهمن و اسفند به‌ترتیب با ۳۲/۳۵، ۱۰/۲۷ و ۱/۷۵ درصد از مساحت حوضه) که به‌طور غیرمنتظره‌ای دمای رویه در این حوضه افزایش داشته است. همچنین در این حوضه، روند کاهشی و منفی در ماه‌های فصل‌های بهار و پاییز، مساحت اندکی از حوضه را به خود اختصاص داده است. به‌نظر می‌رسد در این حوضه، دمای رویه در تابستان و زمستان روندی افزایشی و مثبت در پیش می‌گیرد و در بهار و پاییز، روند دما سیر کاهشی و منفی طی می‌کند. به‌طور کلی ۸۹/۵ درصد از مساحت حوضه بدون روند، ۹/۲۲ درصد دارای روند افزایشی و ۱/۲۸ درصد از مساحت حوضه روند کاهشی معنادار در دمای رویه را از آن خود کرده‌اند (جدول ۱). به‌طور کلی واکاوی روند دمای رویه زمین در حوضه سفیدرود نشان می‌دهد که در سرتاسر حوضه، روند افزایشی در دمای رویه مشاهده می‌شود و این نشان‌دهنده افزایش نسبی دما و کاهش بارش در سطح حوضه آبریز سفیدرود است؛ همان‌طور که برخی از مطالعات انجام‌شده حاکی از آن است در حوضه سفیدرود دماهای متوسط دارای روند افزایشی و متوسط بارش دارای روند کاهشی است (گندمکار و همکاران^۱، ۲۰۱۱؛ دودانگه و همکاران، ۱۳۹۰؛ حلییان و سیانی، ۱۴۰۰). ملاحظه می‌شود که در برخی از نواحی ارتفاعی در فصل‌های تابستان و زمستان دارای روند کاهشی چشمگیرتر هستند که می‌توان از کوه‌های چهل چشمه کردستان (در جنوب غربی حوضه)، کوه سهند (در شمال غربی حوضه)، کوه بزقوش (در شمال غربی حوضه) و کوه‌های طالقان (در نواحی شرقی حوضه) نام برد. به‌نظر می‌رسد در این نواحی پوشش برفی کاسته شده است و بر اثر کاهش پوشش برفی، سپیدایی نیز کاهش یافته و سبب روند افزایشی دمای رویه در این نواحی شده است. با بررسی‌های انجام‌شده مشخص شد برخی از یاخته‌هایی که دارای روند افزایشی معنادار دما هستند، منطبق بر موقعیت سدهای سهند، سد آی دوغموش، سد سفیدرود، سد تهم، سد

1. Gandomkar et al

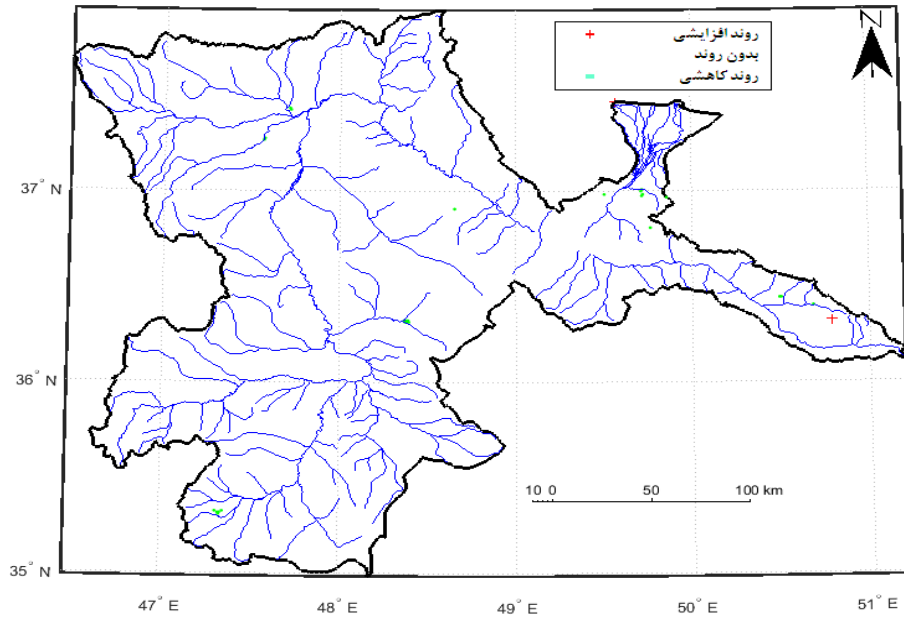


گلابر زنجان و...) هستند. این درحالی است که به‌نظر می‌رسد تغییر اقلیم و گرمایش جهانی از یک سو و دخالت‌های انسانی در تغییر کاربری اراضی و ساخت‌وسازهای حریم رودخانه از سوی دیگر سبب شده است روند تغییرات دما در حوضه‌های آبریز، به‌ویژه در این حوضه، تشدید شود.

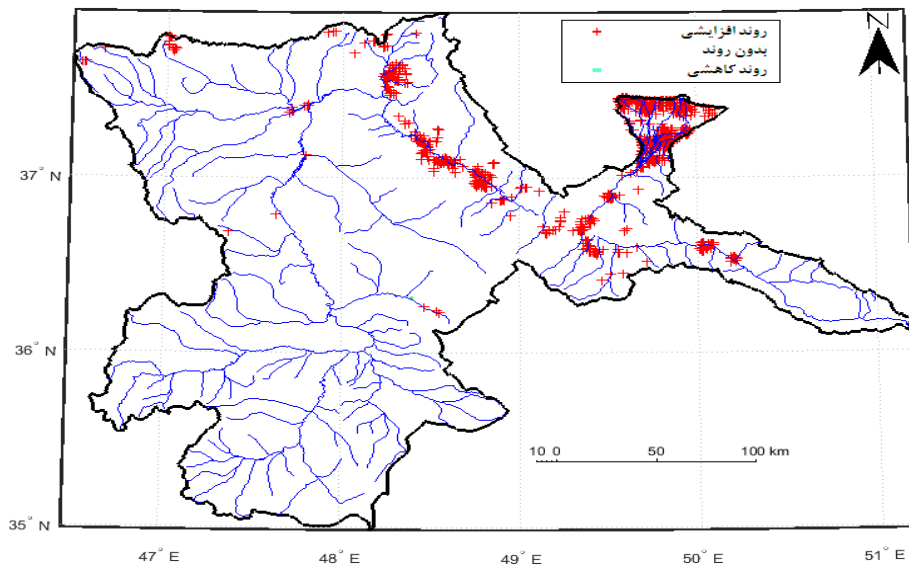
جدول ۱. مساحت روند دمای رویه زمین در حوضه آبریز سفیدرود (برحسب درصد)

ماه روند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	میانگین
روند افزایشی	۲/۱۸	۱/۶۵	۱۱/۹۹	۲۲/۹۲	۱۱/۶۷	۱۳/۴۷	۱/۱۴	۰/۳۲	۰/۸۶	۳۲/۳۵	۱۰/۲۷	۱/۷۵	۹/۲۲
بدون روند	۹۷/۴۰	۹۶/۳۶	۸۷/۷۴	۷۶/۵۹	۸۷/۴۰	۸۵/۱۹	۹۳/۱۴	۹۶/۷۵	۹۸/۹۳	۶۷/۶۵	۸۹/۵۸	۹۷/۲۶	۸۹/۵۰
روند کاهشی	۰/۴۲	۱/۹۹	۰/۲۶	۰/۴۹	۰/۹۳	۱/۳۴	۵/۷۲	۲/۹۳	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۱۵	۰/۹۹	۱/۲۸

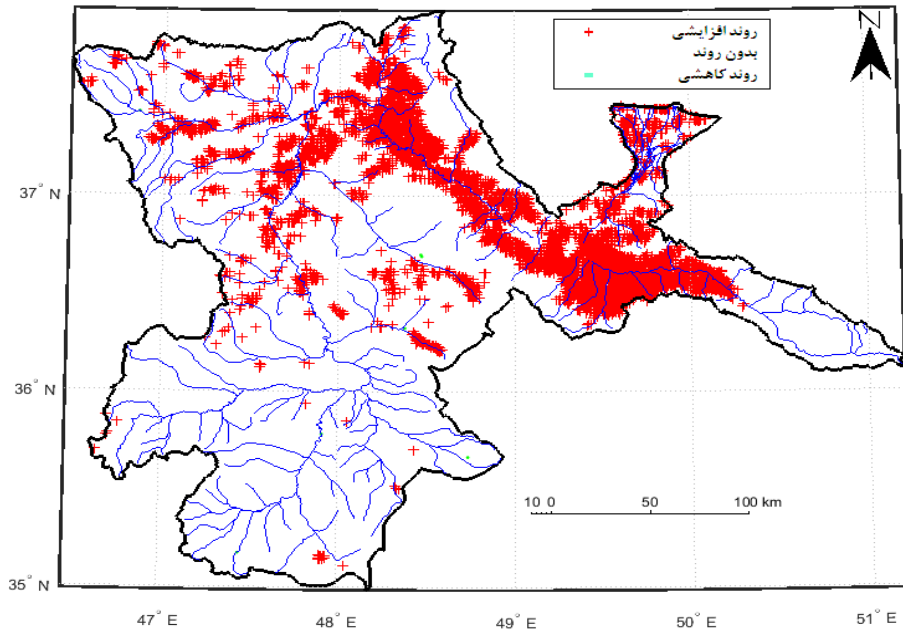
همچنین واکاوی نقشه‌های روند دمای رویه در این حوضه حاکی از آن است که بیشترین مساحت حوضه سفیدرود روند معنادار ندارد و پس از آن، بیشترین مساحت حوضه مربوط به روند افزایشی معنادار دما در سطح اطمینان ۹۵ درصد است که در فصل‌های بهار (بخش‌های شمالی، شمال شرقی)، تابستان (بخش‌های شمالی، شمال غربی و به‌صورت پراکنده، بخش‌های جنوبی) و زمستان (بخش‌های شمالی و جنوبی) حوضه را به خود اختصاص داده است. در فصل پاییز عموماً روند کاهش دما به‌صورت پراکنده در حوضه غالب است (شکل ۱۴ تا ۲۵).



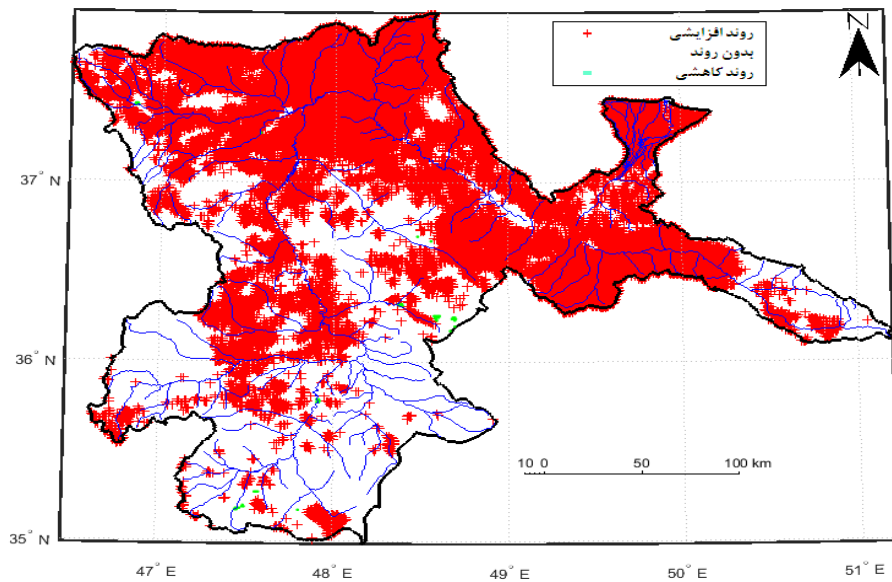
شکل ۱۴. روند دمای رویه زمین در فروردین ماه



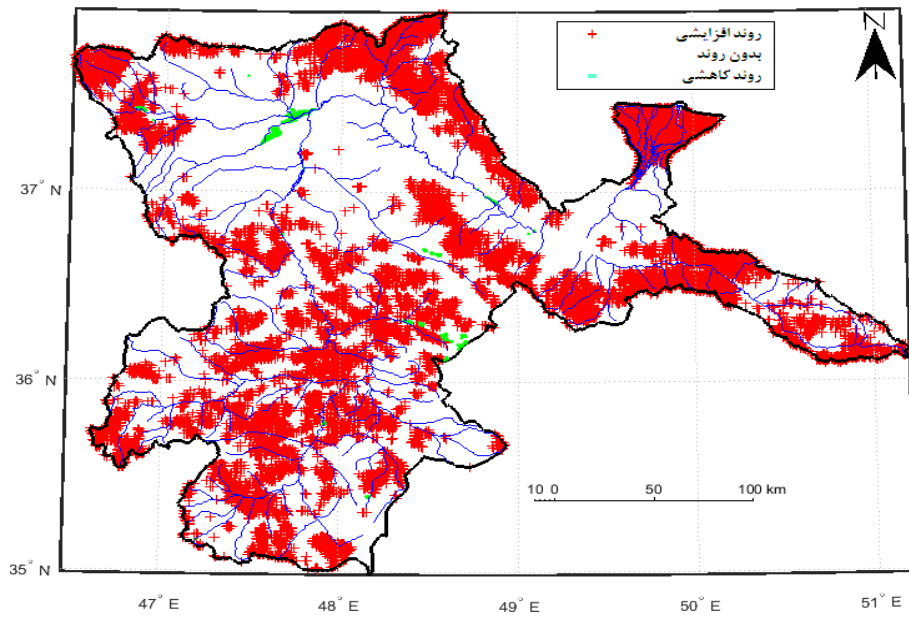
شکل ۱۵. روند دمای رویه زمین در اردیبهشت ماه



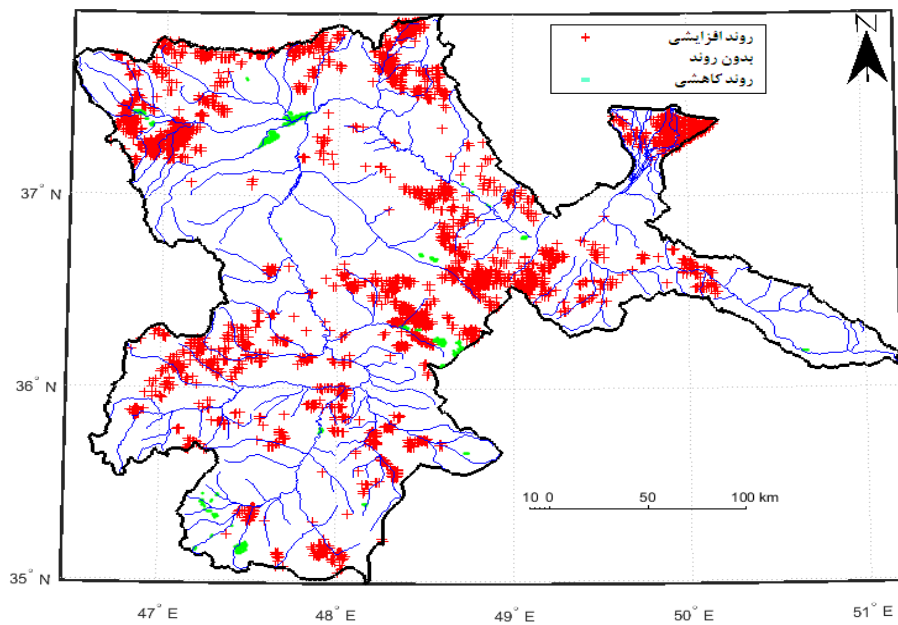
شکل ۱۶. روند دمای روبه زمین در خردادماه



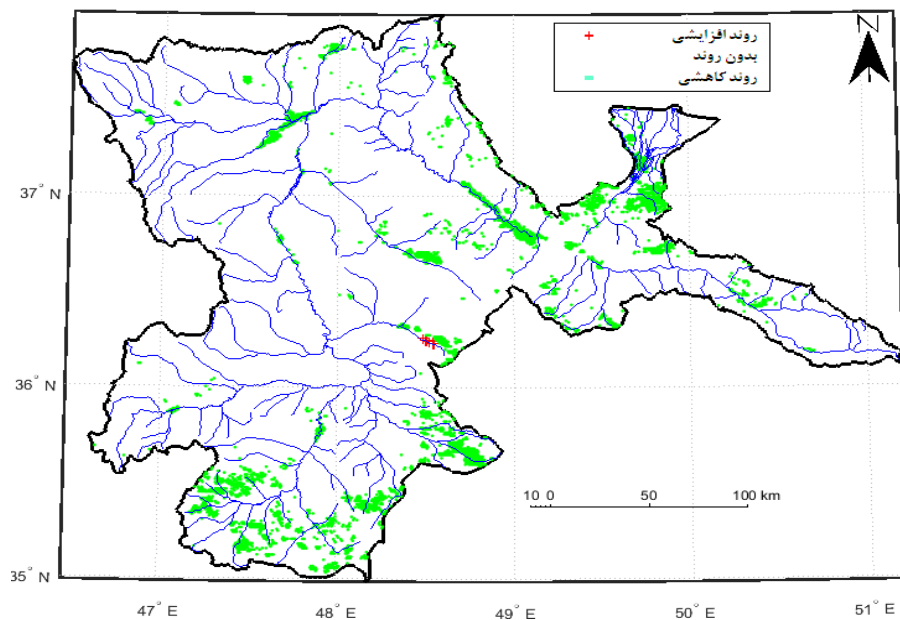
شکل ۱۷. روند دمای روبه زمین در تیرماه



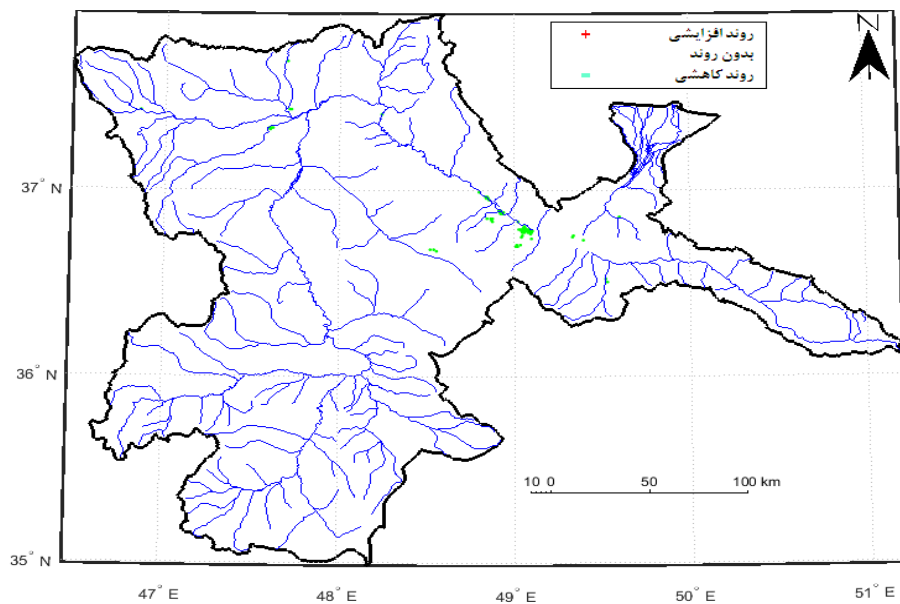
شکل ۱۸. روند دمای رویه زمین در مردادماه



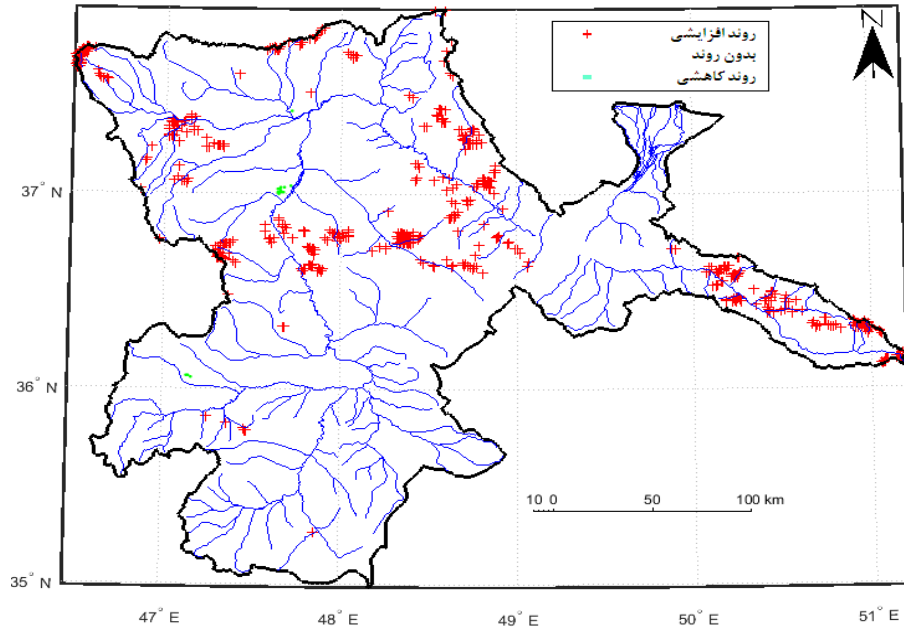
شکل ۱۹. روند دمای رویه زمین در شهر بورماه



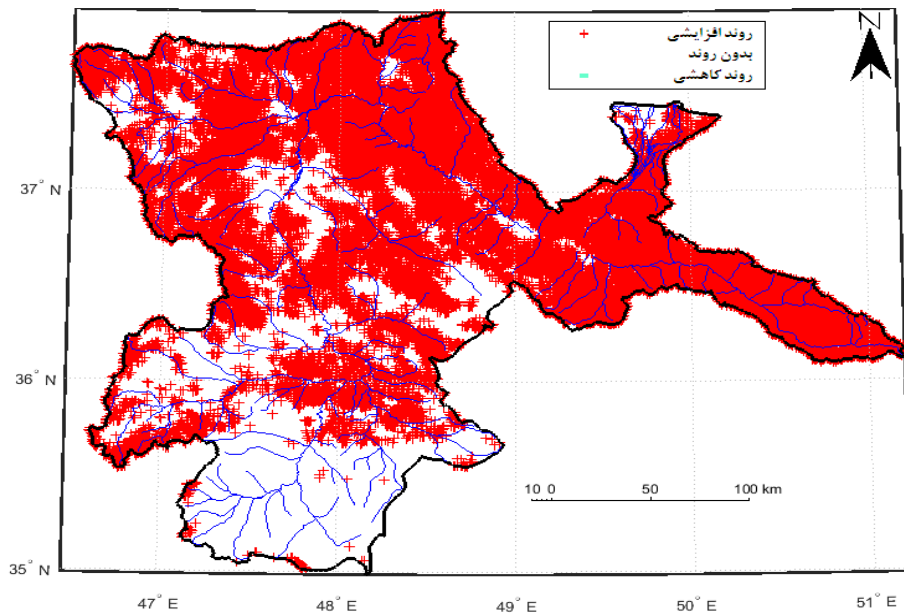
شکل ۲۰. روند دمای رویه زمین در مهرماه



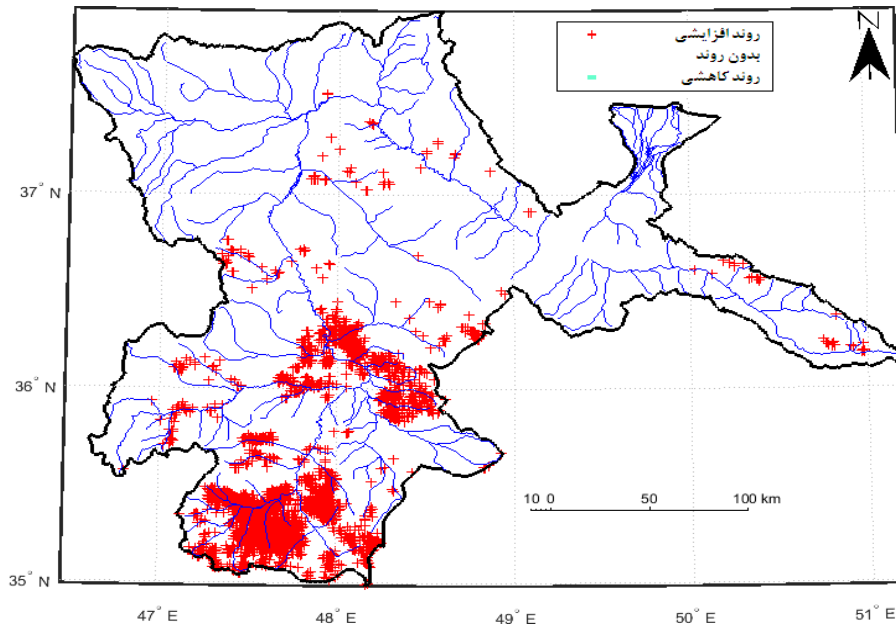
شکل ۲۱. روند دمای رویه زمین در آبان‌ماه



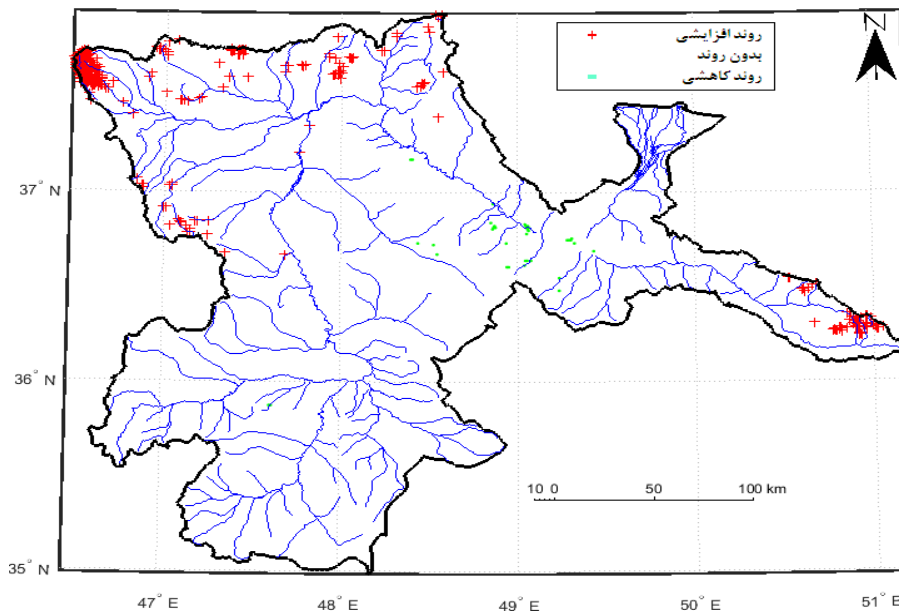
شکل ۲۲. روند دمای رویه زمین در آذرماه



شکل ۲۳. روند دمای رویه زمین در دی ماه



شکل ۲۴. روند دمای رویه زمین در بهمن‌ماه



شکل ۲۵. روند دمای رویه زمین در اسفندماه

۴- نتیجه‌گیری

امروزه آشکارسازی تغییرات اقلیمی در حوضه‌های آبریز با استفاده از فرآورده‌های سنجنده مودیس از ماهواره ترا در واکاوی تغییرات دما، کاربرد بسیاری دارد. مسلماً کاهش اثرات نامطلوب تغییرات اقلیمی به شناخت دقیق چگونگی وقوع آن و تعیین استراتژی‌های مناسب برای مقابله با آن در زمان حال و سال‌های آتی نیاز دارد. بنابراین افزایش روند فراسنج دما، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عناصر آب‌وهواشناختی، در برآورد افزایش دمای حوضه، کاهش ذخیره‌گاه منابع آبی منطقه، تغییر الگوی کشت و همچنین تأثیرات منفی در اکوسیستم گیاهی، جانوری و انسانی حوضه نقشی اساسی خواهد داشت.

در پژوهش حاضر، پراکنش مکانی دمای رویه زمین در حوضه آبریز سفیدرود حاکی از آن است که افزایش میل به خوشه شدن دمای رویه زمین در این حوضه یا به عبارت دیگر، لانه‌گزینی دما کاملاً مشهود است، به‌طوری که در دوره گرم سال (بهار و تابستان)، گرانیگاه و ثقل افزایشی دمای رویه در بخش‌های مرکزی این حوضه متمرکز شده است که انطباق بالایی با قسمت‌های کم‌ارتفاع و پست حوضه دارد. این درحالی است که قرارگیری بخش‌های مرزی این حوضه در مجاورت گره‌گاه کوهستانی شمال غرب ایران از یک سو و همسایگی با کرانه‌های جنوبی دریای خزر از سوی دیگر، سبب شده است نقش‌پذیری آن‌ها از شرایط سرد کوهستانی و وزش سرد دریا بیشتر شود و دمای کمتری را نیز ثبت کنند. با گذر از ماه‌های بهاری و اوج گرفتن دما در ایران، هسته‌های بیشینه دما عقب‌نشینی کرده و در دو بخش شمالی و جنوبی حوضه متمرکز شده است. با ورود به دوره سرد سال (پاییز و زمستان)، افت محسوس دما در این حوضه رخ‌نمایی می‌کند و مناطق هموار و کم‌ارتفاع با کاهش شدید دمای رویه، حتی کمتر از صفر درجه سلسیوس (۱۰- درجه)، مواجه می‌شوند. در این مواقع از سال، بخش‌های همسایه با دریای خزر به‌دلیل گرمای ویژه آب و وزش گرم دریای خزر و سد سفیدرود، از افزایش نسبی دما برخوردارند. همچنین واکاوی روند دمای رویه زمین در این حوضه نشان می‌دهد که در سرتاسر حوضه، روند افزایشی در دمای رویه مشاهده می‌شود و این نشان‌دهنده افزایش نسبی دما در سطح زمین متأثر از تغییرات اقلیمی کلان‌مقیاس و به‌ویژه افزایش گرمایش جهانی است، به‌طوری که تغییرات کلان‌مقیاس از یک سو و دخالت‌های انسانی در تغییر کاربری اراضی و ساخت‌وسازهای حریم رودخانه از سوی دیگر سبب شده است روند تغییرات دما در حوضه‌های آبریز، به‌ویژه در این حوضه، تشدید شود. نکته قابل تأمل این است که روند افزایشی دما در دو بخش از سال متمرکز شده است؛ نخست در ماه‌های تابستان (تیر، مرداد، شهریور به‌ترتیب با ۲۲/۹۲، ۱۱/۶۷ و ۱۳/۴۷ درصد حوضه) که فصل افزایش دما در بخش گسترده‌ای از ایران است



و دوم در ماه‌های زمستان (دی، بهمن و اسفند به ترتیب با ۳۲/۳۵، ۱۰/۲۷ و ۱/۷۵ درصد حوضه) که به‌طور غیرمنتظره‌ای دمای رویه در این حوضه افزایش داشته است. در این حوضه، دمای رویه در تابستان و زمستان روندی افزایشی و مثبت در پیش می‌گیرد و در بهار و پاییز، روند دما سیر کاهشی و منفی طی می‌کند. همچنین در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ۸۹/۵ درصد از مساحت حوضه، فاقد روند معنادار در دمای رویه زمین است. در ۹/۲۲ درصد از حوضه، روند دما افزایشی است که در بهار (بخش‌های شمالی، شمال شرقی)، تابستان (بخش‌های شمالی، شمال غربی و به‌صورت پراکنده، بخش‌های جنوبی) و زمستان (بخش‌های شمالی و جنوبی) انطباق دارد. همچنین در ۱/۲۸ درصد از مساحت حوضه، روند کاهشی معنادار در دمای روی زمین مشاهده می‌شود که عموماً در فصل پاییز به‌صورت پراکنده در حوضه غالب است. بنابراین افزایش نسبی دمای رویه در این حوضه با پژوهش‌های آینا و همکاران (۲۰۱۷) در یانبو عربستان، ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) در حوضه آبخیز سین‌کیانگ چین، رونالد و همکاران (۲۰۱۷) در تایلند، اندونزی و فیلیپین، هی و همکاران (۲۰۱۸) در مناطق کوهستانی، وانگ و همکاران (۲۰۱۹) در دلتای رودخانه پیارل چین، فیروزی و همکاران (۲۰۲۰) در سیستان، جهانبخش و همکاران (۱۳۹۰) در مراغه، انتظاری و همکاران (۱۳۹۵) در دریاچه پریشان، ابراهیمی و کیانی سلمی (۱۳۹۸) در شهرکرد، آروین (۱۳۹۸) در ایران و کاکه‌ممی و همکاران (۱۳۹۹) در اردبیل مطابقت دارد. نتایج کاربردی این پژوهش به شرح زیر ارائه می‌شوند: ۱. در بخش مدیریت منابع آب حوضه سفیدرود و افزایش بهره‌وری ذخیره‌گاه‌های آبی می‌توان از طریق تغییر سیستم آبیاری از غرقابی به قطره‌ای و تشتکی نقش بسزایی در مصرف بهینه آب ایفا کرد؛ ۲. تغییر در تاریخ کشت محصولات کشاورزی برای جلوگیری از تنش گرمایی و در امان بودن از آسیب افزایش دمای سطح زمین و همچنین روی آوردن به کشت محصولات مقاوم در برابر گرما و تولید نژادی که به افزایش گرما مقاوم باشد؛ ۳. اتخاذ قوانین مدون و لازم‌الاجرا در برابر ساخت‌وسازهای بی‌قاعده در حریم رودخانه‌های حوضه سفیدرود و تغییر کاربری اراضی در این حوضه کاملاً ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

- Aguilar-Lome J, Flores R S, Gómez D. (2021). Evaluation of the Lake Titicaca's surface water temperature using LST MODIS time series (2000–2020). *Journal of South American Earth Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2021.103609>.

- Ahmadi M, Seyedmirzaei Z S, Dadashiroudbari A. (2021). Investigation of seasonal distribution and abnormal trend of day and night surface temperature in Iran using MODIS sensor data. *Physical Geography Research Quarterly*. <https://doi.org/10.22059/JPHGR.2021.323144.1007615>.
- Aina Y A, Parvez I M, Balogun A L. (2017). Examining the Effect of Land Use on the Spatiotemporal Dynamics of Urban Temperature in an Industrial City: A Landsat Imagery Analysis. In: Pirasteh S., Li J. (eds) *Global Changes and Natural Disaster Management, Geo-information Technologies*. (11): 723-727. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51844-2_1
- Arvin A. (2019). Land Surface Temperature Detection Using of Satellite Images, *Journal of Natural Environmental Hazards*. (19): 98-102. <https://10.22111/JNEH.2017.20855.1284>.
- Azizpour M, Esmaeelpour N. (2009). Change of agricultural land use and relative increase of temperature in Yazd due to its rapid growth, *Journal of Geography and Regional Development*. (12): 37-54. <https://10.22067/GEOGRAPHY.V7I12.8927>
- Bai L, Long D, Yan L. (2019). Estimation of surface soil moisture with downscaled land surface temperatures using a data fusion approach for heterogeneous agricultural land. *Water Resources Research*, (55): 1105-1128. <https://doi.org/10.1029/2018WR024162>
- Burn D H. (1994). Hydrologic effects of climate changes in west central Canada. *Journal of Hydrology*, (160): 53-70. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90033-7](https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90033-7)
- Colditz R R, Ressler R A, Bonilla-Moheno M. (2015). Trends in 15-year MODIS NDVI time series for Mexico. In 2015 8th International Workshop on the Analysis of Multi temporal Remote Sensing Images (Multi-Temp). 1-4.
- Dodangeh S, Soltani S, Sarhadi A. (2012). Trend Assessment of Extreme Flows (Low Flow and Flood) in Sefid-Roud Basin, *Journal of Water and Soil Science*. (58):215-230. <http://20.1001.1.24763594.1390.15.58.20.4>



- Entezari A, Amir-ahmadi A, Aliabadi K, Khosravian M, Ebrahimi M. (2016). Monitoring Land Surface Temperature and Evaluating Change Detection Land Use (Case Study: Parishan Lake Basin), *Hydro geomorphology*. (7): 113-139. https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_5769.html?lang=en
- Falah-Shamsi S R, Majnuni A, Nazemol-Sadat S J. (2009). Investigating the effect of land allocation to green space on the heat islands of Shiraz city using remote sensing techniques and geographic information system, Research project, No. 2/9852, Shiraz University.
- Firoozi F, Mahmoudi P, Jahanshahi S M, Tavousi T, Liu Y, Liang Z. (2020). Modeling changes trend of time series of land surface temperature (LST) using satellite remote sensing productions (case study: Sistan plain in east of Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, (13): 1-4. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05314-w>
- Fu P, Q Weng. (2016). A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, (175): 205-214. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.040>
- Gandomkar A, Soltani-Gord-famarzi T, Safaripour Chafi P, Aman A R. (2011). Analysis of precipitation and temperature trends in Sefid-Roud Basin. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, (11): 722-726. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1083059>
- Ghareloo R, Ghasemifar E. (2019). Spatial variability of evapotranspiration regards to extreme temperatures using remote sensing data in Iran. , *The Journal of Spatial Planning*, (4):193-212. <https://20.1001.1.16059689.1398.23.4.7.4>
- Guo Z, Wang S D, Cheng M M, Shu Y. (2012). Assess the effect of different degrees of urbanization on land surface temperature using remote sensing images. *Procedia Environ, Procedia Environmental Sciences*. (13): 935-942. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.087>
- Hajjam S, Khoshkho Y, Shams al-Din R. (2008). Analysis of seasonal and annual rainfall changes in some selected stations in the central part of Iran using

- non-parametric methods, *Geography Research*. (64): 157-167. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=76914>
- Halabian A, Ghasemi Siani A. (2021). Analysis of the spatial and temporal trend in precipitation on Caspian basin using GPCC data, *Watershed Engendering and Management*. (2): 283-249. <https://10.22092/IJWMSE.2020.125399.1610>
 - Haq M A, Baral P, Yaragal S, Rahaman G. (2020). Assessment of trends of land surface vegetation distribution, snow cover and temperature over entire Himachal Pradesh using MODIS datasets. *Natural Resource Modeling*. (33): 243-253. <https://doi.org/10.1111/nrm.12262>.
 - Hashemi S M, Alavipanah S A, Dinarvandi M. (2013). LST Assessment Using Thermal Remote Sensing in Urban Environment, *Journal of Environmental Studies*. (1): 81-92. <https://10.22059/JRWM.2018.247839.1201>
 - He J, Zhao W, Li, Wen F, Yu D. (2018). The impact of the terrain effect on land surface temperature variation based on Landsat-8 observations in mountainous areas, *International Journal of Remote Sensing*. (40): 1-20. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1466082>
 - Hejazizadeh Z, Ziaeian P, Shirkhani A. (2013). Comparison of surface temperature estimates using thermal band data of satellite sensors in the west of Tehran and Qazvin provinces, *Geography*. (38): 33-49. <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=193720>
 - Hirsch R M, J. R. Slack. (1984). A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*. (20): 727-732. <https://doi.org/10.1029/WR020i006p00727>
 - Jahanbakhsh S, Zahedi M, Valizadeh-Kamran K. (2011). Land Surface Temperature Calculation Using SEBAL and Decision Tree Methods Based on ETM + Image in RS, GIS Environment in the Maragheh Central Region, *Geography Planning*. (38): 19-42. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_422.html?lang=en
 - Jalili S, Moradi S, Ziaeian-Firozabadi P. (2008). A Comparison between Satellite and Climatic Indices in Drought Monitoring, *Iranian Journal of Soil and Water Research*. (1): 113-139. https://ijswr.ut.ac.ir/article_19928.html?lang=en



- Jamali Z, ownegh M, salman mahini A R. (2019). Investigation the relationship between surface temperature and land use and Normalized Difference Vegetation Index in Gorgan plain, *The Journal of Spatial Planning*. (3):175-194. <https://20.1001.1.16059689.1398.23.3.7.2>
- Kakehmami A, Ghorbani A, Sarasekanrood S A, Ghale E, Ghafari S. (2020). Study of the relationship between land use and vegetation changes with the land surface temperature in Namin County, *RS and GIS for Natural Resource*. (39): 27-48. https://girs.bushehr.iau.ir/article_674652.html?lang=fa
- Khosravi Y, Heidari M A, Tavakoli A, Zamani A. (2017). Analyzing of the Relationship between Land Surface Temperature Temporal Changes and Spatial Pattern of Land Use changes, *The Journal of Spatial Planning*. (3):119-144. <http://hsmasp.modares.ac.ir/article-4560-21-fa.html>
- Kiani E, Ebrahii A. (2019). Evaluation of land cover Meadow changes on Adjustment Land Surface Temperature in Shahrekord. *The Journal of Spatial Planning*. (2):1-30. <https://20.1001.1.16059689.1398.23.2.1.4>
- Li Z L, Tang B H, Wu H, Ren H, Yan G, Wan Z, Sobrino J A. (2013). Satellite-derived land surface temperature: status and perspectives. *Remote sensing of environment*. (15): 14-37. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.12.008>
- Malekpour P, Taleie M. (2011). Modeling of Relationship between Land use/Cover and land Surface Temperature Using ASTER datasets, *Journal of Environmental Studies*. (57): 29-42. <https://20.1001.1.10258620.1390.37.58.5.5>
- Mao K, Qin Z, Shi J, Gong P. (2005). A practical split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from MODIS data. *International Journal of Remote Sensing*. (15): 3181-3204. <https://doi.org/10.1080/01431160500044713>
- Massoodian S A, Turkey M. (2019). Climatology of Surface Urban Heat Island of Ahwaz Metropolis, *Geography and Environmental Planning*. (73): 75-92. <https://10.22108/GEP.2019.115913.1128>
- Massoodian S A. (2004). Temperature Trends in Iran during the Last Half-Century, *Geography and Development*. (2): 63-72. <https://10.22111/GDIJ.2004.3831>

- Morabito M, Crisci A, Messeri A, Orlandini S, Raschi A, Maracchi G, Munafò M. (2016). The impact of built up surfaces on land surface temperatures in Italian urban areas. *Science of the Total Environment*. (552): 317-326. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.029>
- Morris C J G, Simmonds I, Plummer N. (2001). Quantification of the influences of wind and cloud on the nocturnal urban heat island of a large city. *Journal of Applied Meteorology*. (40): 169-182. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(2001\)040<0169:QOTIOW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(2001)040<0169:QOTIOW>2.0.CO;2)
- Muro J, Strauch A, Heinemann S, Steinbach S, Thonfeld F, Waske B, Diekkrüger B. (2018). Land surface temperature trends as indicator of land use changes in wetlands. *Journal of Appl Earth Obs Geoinformation*. (70): 62-71. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.02.002>
- Niclos R, Valiente J A, Barberà M J, Caselles V. (2013). Land surface air temperature retrieval from EOS-MODIS images. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, (11): 1380-1384. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2013.2293540>
- Nosrati K, Imeni S, Talari A. (2018). Regional analysis of suspended sediment load using principale componants regression method in Sefidrood Drainage Basin, *Journal of Range and Watershed Management*. (3): 809-827. <https://doi.org/10.22059/JRWM.2018.247839.1201>
- Ronald C, Estoque M, Yuji M. (2017). Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature an urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *National Library of Medicine*. (15): 349-359. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.195>
- Singh D. (2021). Determination of surface albedo and snow/ice content variation using the MODIS data in the past two decades (2001–2020). *Journal of Earth System Science*. 130(2): 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12040-021-01592-4>
- Srivastava P K, Majumdar T J, Bhattacharya A K. (2009). Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM+ thermal infrared data. *Advances in space research*. (43): 1563-1574. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2009.01.023>



- Sun D, Pinker RT, Basara J B. (2004). Land Surface Temperature Estimation from the Next Generation of Geostationary Operational Environmental Satellite: GEOS M-Q. *Journal of Applied Meteorology*. (43): 363-372. [https://doi: https://doi.org/10.1175/15200450\(2004\)043<0363:LSTEFT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/15200450(2004)043<0363:LSTEFT>2.0.CO;2)
- Sun D, Pinker T. (2004). Case study of soil moisture effect on land surface temperature retrieval. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. (1): 83-94. [https://doi:10.1109/LGRS.2004.824749](https://doi.org/10.1109/LGRS.2004.824749)
- Turgay P, Ercan K. (2006). Trend Analysis in Turkish Precipitation Data. *Hydrology Process*. (20): 2011–2026. [https://doi: 10.1002/hyp.5993](https://doi.org/10.1002/hyp.5993)
- Vooget J A, T R Oke. (2003). Thermal Remote Sensing of Urban Climates. *Remote Sensing of Environment*. (86): 370-282. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)
- Wang R, Cai M Ren, Ch., Bechtel B, Xu Y, Ng. (2019). Detecting multi, temporal land cover change and land surface temperature in Pearl River Delta by adopting local climate zone. *Urban Climate*. (28): 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100455>
- Wang Y, Ch, B, Hu. S. W., Myint, Ch, Feng, Ch, Chow, W T L, Passy, P F. (2018). Patterns of land change and their potential impacts on land surface temperature change in Yangon, Myanmar. *Science of the Total Environment*. (643): 738-750. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.209>
- Xian G, Crane M. (2006). An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampabay and Lasvegas using Landsat satellite data. *Remote Sensing of Environment*. (104): 147-156. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.09.023>
- Xiao J, Moody A. (2005). A Comparison of Methods for Estimating Fractional Green Vegetation Cover Within a Desert-to-Upland Transition Zone in Central New Mexico, USA. *Remote Sensing of Environment*. (98): 237- 250. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.07.011>
- Xu H Q, Chen BQ. (2005). Remote sensing of the urban heat island and its changes in Xiamen City of SE China, *IOS Press*. (16): 276-281. [https://doi.org/1001-0742\(2004\)02-0276-06](https://doi.org/1001-0742(2004)02-0276-06)

- Yue S, Pilon P, Cavadias G. (2002). Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*. (259): 254-271. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(01\)00594-7](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(01)00594-7)
- Zareie S, Khosravi H, Nasiri A, Dastorani M. (2016). Using Landsat Thematic Mapper (TM) sensor to detect change in land surface temperature in relation to land use change in Yazd Iran. *Solid Earth*. (7): 1551-1564. <https://doi.org/10.5194/se-7-1551-2016>
- Zhang F, Kung H, Carl Johnson V, LaGrone B, Wang J. (2017). Change Detection of Land Surface Temperature (LST) and some Related Parameters Using Landsat Image: a Case Study of the Ebinur Lake Watershed, Xinjiang, China, *Wetlands*. (38): 65-80. <https://doi.org/10.1007/s13157-017-0957-6>
- Zou J, Ding J, Welp M, Huang, S, Liu B. (2020). Using MODIS data to analyses, the ecosystem water use efficiency spatial-temporal variations across Central Asia from 2000 to 2014. *Environmental Research*. (182): 332-343. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108985>.