Original Article
Journal of Natural Environment 75(2): 348-361 (2022)
Print ISSN: 2008-7764/Online ISSN: 2423-7817
https://jne.ut.ac.ir/

مقاله کامل
نشریه محیط زیست طبیعی
دوره ۷۵، شماره ۲: ۳۴۸-۳۶۱ (۱۴۰۱)

پایش ماهواره‌ای تغییرات زمانی-مکانی دمای سطح زمین در استان خراسان جنوبی

سید محمد حسینی[۱]*، علیرضا خندان‌رو[۲]، محمدرضا طحان[۳]

[۱]گروه آب و هواشناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه سیدجمال‌الدین اسدآبادی، اسدآباد، ایران
[۲]کارشناس هواشناسی، مدیرکل هواشناسی استان خراسان جنوبی، بیرجند، ایران
[۳]معاونت توسعه و پیش‌بینی هواشناسی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۲**

چکیده

دمای سطح زمین، تابعی از انرژی خالص در سطح زمین است که به مقدار انرژی رسیده به سطح، گسیلندگی، رطوبت، جریان هوای جوی، توپوگرافی و شرایط اقلیمی منطقه بستگی دارد. در این پژوهش از داده‌های روزانهٔ سنجندهٔ مودیس ماهواره تررا جهت تحلیل تغییرات زمانی-مکانی دمای سطح زمین در استان خراسان جنوبی استفاده شده است. بازهٔ زمانی این داده‌ها، روزانه و از سال۱۳۸۱ تا ۱۳۹۸ برابر با ۶۴۴۹ روز خورشیدی را شامل می‌شود. تفکیک مکانی پیکسل‌ها، ۱*۱ کیلومتری در سیستم شبکه‌بندی سینوسی است که برای پهنهٔ این استان، ۱۷۴۰۱۵پیکسل استخراج شد. پهنه‌بندی مکانی دمای سطح زمین نشان داد که دما در این استان، میل به خوشه‌ای شدن و متمرکزشدن دارد. به‌طوری‌که، گرنیگاه و ثقل افزایشی دما در بخش‌های جنوبی، جنوب‌غرب و غرب استان که منطبق بر مناطق کم‌ارتفاع و در همسایگی با کویرلوت و دشت کویر هستند، انطباق بالایی دارد. همچنین واکاوی روند دمای سطح زمین حاکی از این است که ۱/۵ درصد از وسعت استان در قلمرو روند افزایشی دماست که در بخش‌های شمال و شمال‌غرب استان با استان سمنان، اصفهان و در همسایگی کویر مرکزی ایران و کویر لوت واقع شده است. کمتر از یک درصد از مساحت استان نیز، دارای روند کاهشی دما می‌باشد که در اغلب نقاط استان به‌ویژه در مناطق مرتفع و کوهستانی به‌صورت پراکنده مشاهده می‌شود. به‌نظر می‌رسد در این استان، تابستان و زمستان در حال گرم‌ترشدن هستند که نباید از نقش شرایط اقلیمی و توپوگرافی منطقه مانند همجواری با بیابان‌ها و کویرهای بزرگ ایران، کاهش پوشش‌گیاهی استان و جذب حداکثری دمای تابشی خورشید در وردش‌های دمای سطحی غافل شد. بنابراین تغییر سیستم آبیاری از غرقابی به قطره‌ای یا تشتکی، تغییر الگوی کشت و توسعهٔ محصولات مقاوم در برابر تنش گرمایی مانند زرشک، زعفران و عناب ضروری به‌نظر می‌رسد.

کلید واژگان: دمای سطح زمین، ماهواره مودیس تررا، تغییرات زمانی-مکانی، تحلیل روند، استان خراسان جنوبی

*نویسنده مسئول h.climate@sjau.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر، پژوهش در زمینهٔ تغییرات اقلیمی و همچنین تأثیر آن بر ابعاد زندگی بشر، از یک سو سبب تشویش اذهان عمومی و از سویی دیگر، دغدغهٔ اصلی پژوهشگران در عرصهٔ علمی کشورها شده است (Salehi *et al*., 2019). یکی از ویژگی‌های اصلی این تغییرات، افزایش درجهٔ حرارت در نیم‌سدهٔ اخیر است (Latifi, 2014). در این میان، دمای سطح زمین به‌عنوان یکی از متغیرهای کلیدی در مطالعات اقلیمی و محیطی سطح زمین محسوب می‌شود که از پارامترهای اساسی در بازکاوی خصوصیات فیزیکی سطح زمین در همه مقیاس‌ها از محلی تا جهانی قلمداد می‌شود (Coll *et al*., 1994; Chehbouni *et al*., 1996; Ahmadi *et a*l., 2013). چرا که افزایش دمای سطح زمین ممکن است ناشی از کاهش پوشش‌گیاهی (Esmailpour and Azizpour, 2009) یا ایجاد سطوح غیرقابل نفوذ مانند ساخت‌وسازها و تغییرکاربری اراضی باشد (Malekpour and Taleei, 2011; Gondwe *et al*., 2018). بنابراین شناسایی تغییرات زمانی–مکانی دمای سطحی در یک کشور هشداری است در زمینهٔ مصرف بی-رویهٔ انرژی (Fallah-Shamsi *et al*., 2009)، توسعهٔ شهرنشینی و فعالیت‌های صنعتی، افزایش دمای هوا (Guo *et al*., 2012)، آلودگی هوا و جزیرهٔ گرمایی (Masoudian and Tourki, 2019) که نقش فراسنج دمایی را بیش از پیش آشکارتر می‌سازد.

امروزه، پژوهش در زمینهٔ دمای سطح زمین به‌دلیل تأثیر آن بر پدیده‌های تبادل انرژی در سطح زمین و هواسپهر و نیز میزان تشعشعات بازتاب‌شده از سطح زمین از اهمیت نخست در پژوهش‌های آب‌وهواشناسی برخوردار است (Voogt and Oke, 2003; Sun *et al*., 2004; Srivastava *et al*., 2009). این اهمیت سبب شده است تا در دو دههٔ اخیر، تلاش‌های بسیار زیادی بر ارائهٔ روش یا روش‌هایی جهت برآورد دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای انجام پذیرد (Mao *et al*., 2005). چرا که با این تکنیک می‌توان محاسبات دمای سطحی را با قدرت تفکیک زمانی و مکانی بالا سنجید (Li *et al*., 2013). لذا با توسعهٔ علوم دورسنجی و ماهواره‌ای، دمای سطح زمین برای یک منطقهٔ وسیع با دقت بالا، قابل محاسبه خواهد بود (Jahanbakhsh *et al*., 2011; Bai *et al*., 2019) و استفاده از تشعشع فروسرخ حرارتی و کاربرد مدل-های فیزیکی، ابزار مناسبی جهت محاسب Zمقدار دمای سطح در نواحی وسیعی محسوب می‌شود (Hejazizadeh *et al*., 2013).

امروزه وردش‌های اقلیمی به‌سبب تشدید گرمایش جهانی، روند دمای سطح زمین را دستخوش تغییرات زمانی–مکانی نابهنجاری نموده است. پژوهش‌های مختلفی در دنیا و حتی کشور ایران برای اندازه‌گیری، برآورد و روند دمای سطح زمین با استفاده از فناوری دورسنجی انجام گرفته است که همگی نشان از افزایش دمای سطح زمین ناشی از گرمایش جهانی می‌باشد. به‌عنوان مثال در ایسلند (Morris *et al*., 2001)؛ افزایش دمای سطحی در نواحی شهری و کاهش آن در مناطق جنگلی در ایالات ویسکانسین آمریکا (Sun and Pinker, 2004)، در چین (Sun and Pinker, 2005)، در مکزیکو (Xiao and Moody, 2005)، در لاس‌وگاس (Xian and Crane, 2006)، در ایتالیا (Morabito *et al*., 2016)، افزایش دمای سطحی ناشی از کاهش پوشش‌گیاهی و تغییر کاربری کشاورزی در شهر یزد (Zareie *et al*., 2016)، افزایش دمای سطحی در مناطق شهری آتلانتا (Fu and Weng, 2016)، افزایش معنی‌دار دمای سطحی با کاهش پوشش‌گیاهی در در شهر یانبو عربستان (Aina *et al*., 2017)، افزایش دمای سطح زمین با افزایش اراضی بیابانی در حوضه آبخیز سین‌کیانگ چین (Zhang *et al*., 2017)، ارتباط معنی‌دار مثبت بین دمای سطحی با سطوح نفوذناپذیر شهری و منفی با فضای سبز در تایلند، اندونزی و فیلیپین (Ronald *et al*., 2017)، افزایش دمای سطح زمین در نواحی شهری یانگون میانمار (Wang *et al*., 2018)، رابطهٔ منفی معکوس بین دمای سطح زمین

با ارتفاع در مناطق کوهستانی (Hi *et al*., 2018)، همبستگی منفی بین دمای سطحی با پوشش گیاهی در تانزانیا (Muro *et al*., 2018)، افزایش دمای سطح زمین در نواحی شهری به‌سبب تخریب اراضی کشاورزی در دلتای رودخانهٔ پیارل چین (Wang *et al*., 2019)، افزایش دمای سطح زمین به سبب خشک‌شدن تالاب‌های سه‌گانه سیستان (Firoozi *et al*., 2020)، کاهش معنی‌دار دمای سطحی با افزایش پوشش گیاهی متراکم در مراغه (Jahanbakhsh *et al*., 2011)، تمرکز دمای سطحی در نواحی کوهستانی شرق و نواحی صنعتی غرب تهران (Hashemi *et al*., 2013)، افزایش دمای سطحی به‌سبب تغییر کاربری اراضی در حوضهٔ آبریز دریاچه پریشان (Entezari *et al*., 2016)، افزایش دمای سطح زمین با توسعهٔ مناطق شهری در شهرکرد (Ebrahimi and Kiyani-Salmi, 2019)، افزایش پوشش گیاهی با کاهش دمای سطحی در ایران (Arvin, 2019) و رابطهٔ معکوس بین دمای سطح زمین با پوشش‌گیاهی در اردبیل (Kakemami, et al., 2020) مورد بررسی قرار گرفت.

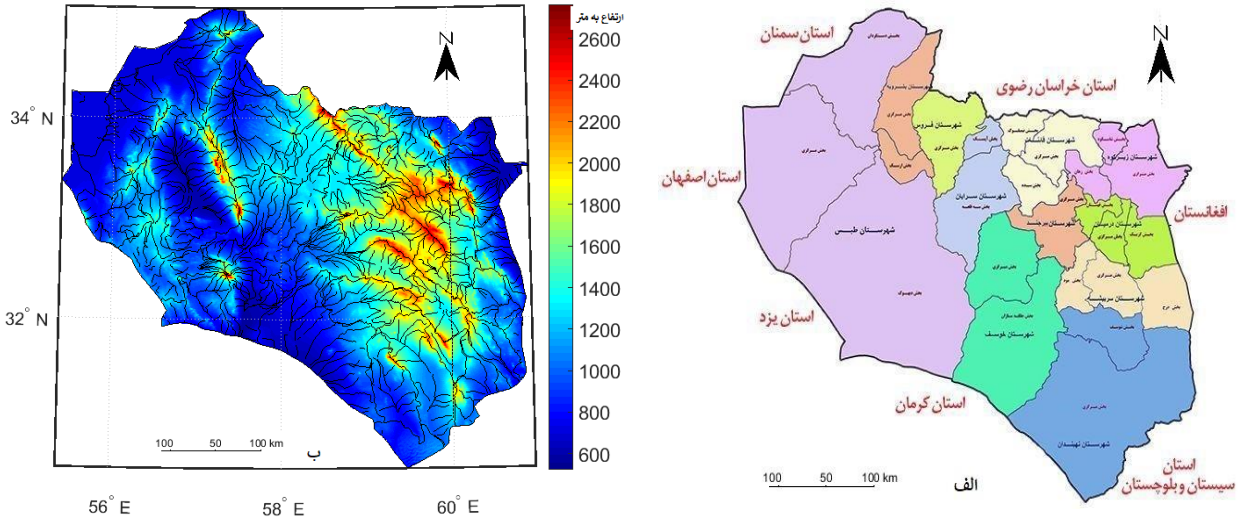
از آنجا که استان خراسان‌جنوبی به‌دلیل قرارگیری در شرق کشور و همجواری با کمربند بیابانی ایران و کویر لوت، شرایط خاص اقلیمی و توپوگرافی دارد؛ بنابراین شرایط دمایی این منطقه به‌شدت تحت تأثیر اقلیم محلی از یک سو و از سویی دیگر، مانند اغلب مناطق دنیا در معرض تغییرات شگرف اقلیمی و گرمایش جهانی واقع استقرار دارد. در این استان پهناور به‌سبب گستردگی منطقه و کمبود ایستگاه‌های هواشناسی، مطالعات اقلیمی معمولاً با نقصان داده و نبود ایستگاه مواجه می‌شوند. امروزه در دنیا استفاده از ماهواره‌ها و داده‌برداری آن‌ها، امری رایج و البته رو به رشد در پژوهش های–محیطزیستی و آب و هواشناختی شده است. بنابراین در پژوهش حاضر سعی شده است با استفاده از داده‌های دورسنجی ماهواره مودیس، ضمن رفع مشکلات موجود؛ پراکنش بلندمدت و همچنین بررسی تغییرات زمانی–مکانی دمای سطح زمین در استان خراسان‌جنوبی مورد واکاوی و تحلیل قرار گیرد. چرا که وردایی این فراسنج در این استان پهناور، مدیریت منابع آب و حتی تغییر الگوی کشت را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد.

مواد و روش ها

پهنهٔ مورد بررسی: استان خراسان‌جنوبی با مساحت ۱۵۰۸۰۰ کیلومترمربع در شرق ایران واقع شده است و حدود ۶/۲۲ درصد از مساحت کل کشور را به‌خود اختصاص داده است و از این نظر، سومین استان پهناور ایران محسوب می‌شود. این استان از سمت شمال به خراسان‌رضوی، از شرق به طول ۳۳۱ کیلومتر دارای مرز مشترک با کشور افغانستان بوده و از غرب به استان یزد، اصفهان و سمنان و از جنوب با استان‌های کرمان و سیستان و بلوچستان همسایگی دارد. این استان از نظر توپوگرافی و اقلیمی تقریباً به دو بخش «کوهستانی و مرتفع» و «پست و هموار» تقسیم می‌شود. بخش‌های کوهستانی بیشتر در شرق، میانه و شمال استان با آب و هوای خشک و ملایم و قسمت‌های پست و هموار غالباً در غرب، شمال‌غرب و جنوب استان در همسایگی با کویر لوت واقع شده‌اند و اقلیم خشک و گرم دارند. میزان پوشش گیاهی این استان اندک است. از کل عرصه‌های طبیعی استان، ۳۷ درصد را عرصه‌های بیابان و ۵۲ درصد را مراتع کم تراکم بیابانی تشکیل می‌دهد. به‌بیانی دیگر، استان خراسان جنوبی با ۱۲۹۳۵۰۳۹هکتار اراضی بیابانی و مراتع کم تراکم بیابانی، دومین استان بیابانی کشور محسوب می‌شود که با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی، ۸۶ درصد مساحت استان را شامل می شود. (شکل ۱).

روش‌شناسی: برای واکاوی تغییرات زمانی– مکانی دمای سطح زمین در این استان، از داده‌های سنجندهٔ مودیس ماهواره تررا[1] در بازهٔ زمانی روزانه و تفکیک مکانی ۱*۱ کیلومتر و سیستم شبکه‌بندی سینوسی استفاده‌شده است

[1]Terra



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی (الف) و وضعیت ارتفاعی (ب) استان خراسان‌جنوبی.

جدول ۱- داده‌های سنجندهٔ مودیس ماهواره تررا مورد استفاده در این مطالعه.

شناسهٔ محصول تررا	نام محصول مودیس
MOD11A1 v061	Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km

(جدول ۱).

در این نوع شبکه‌بندی، ایران در شش محصول مودیس قرار می‌گیرد و با موزائیک کردن این محصولات در کنار یکدیگر، پوشش کل ایران به‌دست می‌آید. سپس داده‌های مربوط به استان خراسان‌جنوبی از درون مجموعه داده‌های دریافتی ماهواره، استخراج و مورد بازکاوی قرار گرفتند که برای پهنهٔ استان، ۱۷۴۰۱۵پیکسل استخراج شده است. لازم به ذکر است که داده‌های دمای سطح زمین سنجندهٔ مودیس ماهوارهٔ تررا در تارنمای http://modis.gsfc.nasa.gov قابل برداشت است و از داده‌های فروسرخ حرارتی[2] در باندهای ۳۱(۱۰/۷۸-۱۱/۲۸میکرومتر) و ۳۲(۱۱/۷۷-۱۲/۲۷میکرومتر) تهیه می‌شود. بازهٔ زمانی داده‌های استفاده در این پژوهش از ۲۰۰۲/۰۷/۰۴ تا ۲۰۲۰/۰۳/۱۹ میلادی معادل با ۱۳۸۱/۰۴/۱۳ تا ۱۳۹۸/۱۲/۲۹ برابر با ۶۴۴۹ روز خورشیدی را در برمی‌گیرد. لازم به ذکر است که برای محاسبهٔ میانگین ماهانه دمای سطح زمین در ماه‌های خورشیدی، ابتدا تقویم شمسی معادل با تقویم میلادی که داده‌های ماهواره‌ای بر اساس آن برداشت شده است، تعریف گردید. به این صورت که برای روز شروع داده‌برداری سال میلادی، اولین روز ژولینی تعریف شد و تا پایان دورهٔ مورد بررسی، روزشمار ژولینی ادامه پیدا کرد. در نهایت، نقشه‌های میانگین ماهانه دمای سطح زمین در این استان در نرم‌افزار MATLAB و ArcGIS ترسیم شد. در این پژوهش، میانگین بلندمدت ماهانه وزنی[3] (به‌علّت استفاده از دمای پهنه‌ای) با محاسبه از طریق رابطهٔ ۱ به‌دست آمد و سپس برازش این رابطه با ماتریس دمای سطح زمین در استان از طریق رابطهٔ ۲ محاسبه گردید (Hosseini, 2015).

رابطهٔ (۱)

$$WA=Cos(Lat*Pi/180)$$

رابطهٔ (۲)

$$LstW=Lst*WA$$

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

همچنین در پژوهش حاضر برای بررسی روند دمای رویهٔ زمین از آزمون ناپارامتریک من- کندال[4] در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شده است. این آزمون برای

[2]Thermal Infrared (TIR)
[3]Weighing Average
[4]Mann-Kendall

معنی‌داری آماری روندهای مشاهده شده در سری‌های زمانی در اغلب پژوهش‌ها از جمله تحلیل‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی استفاده می‌شود (Burn, 1994; Yue *et al.*, 2002). من- کندال بر اساس آمارهٔ تاوکندال (τ) استوار است و برای بررسی تصادفی بودن سری زمانی کاربرد دارد و بر مبنای عدم وجود روند در داده‌ها (فرض صفر) یا وجود روند در داده‌ها (فرض یک)، تصمیم‌گیری می‌نماید. محاسبه این آزمون از رابطهٔ ۳ به دست می‌آید (Hirsch and Slack, 1984):

رابطهٔ (۳)

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

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

رابطهٔ (۴)

$$\mathrm{Var} = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18} \text{، } n > 10 \text{ اگر}$$

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

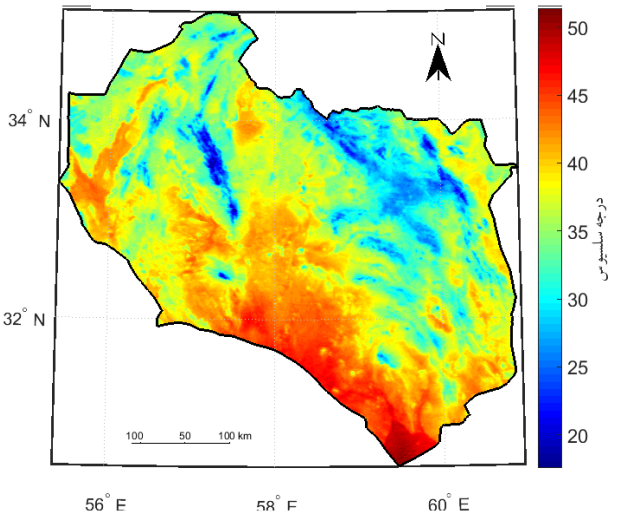
بنابراین در صورتی که آمارهٔ کندال (Z) مثبت باشد، روند سری داده‌ها افزایشی و در صورت منفی بودن آن، روند کاهشی است (Hejam, Turgay and Ercan, 2013; 2008). معمولاً این آزمون در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد انجام می‌شود. مقدار α برای ۹۵ درصد برابر ۰/۰۵ و برای ۹۹ درصد، ۰/۰۱ است. به عبارتی دیگر، اگر حد بالا و پایین Q که در دو سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ بدست 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 نایکسان باشند، فرض وجود روند تأیید نمی‌گردد (Masoudian, 2004).

نتایج

تحلیل مکانی دمای سطح زمین در استان خراسان جنوبی: پراکنش مکانی دمای سطح زمین در استان خراسان جنوبی حاکی از این است که عموماً در تمام طول سال، گرانیگاه و ثقل افزایشی دمای سطحی در بخش‌های جنوبی، جنوب‌غرب و غرب این استان متمرکز شده است که انطباق بالایی با قسمت‌های کم‌ارتفاع و پست حوضه دارد و غالباً در جوار کویرلوت و دشت کویر واقع شده است(شکل‌های ۲ تا ۱۳). به‌طورکلی، نهبندان، خوسف و طبس در این استان بیشترین میزان دمای سطحی را به خود اختصاص داده‌اند. این در حالی است که قرارگیری بخش‌های شمالی، میانی و شرقی این استان در مجاورت ارتفاعات و مناطق کوهستانی سبب شده است دمای سطحی افزایش کمتری را نسبت به دیگر مناطق استان ثبت کند و در قلمرو اقلیمی ملایم و تا حدودی خنک استان قرار گیرند.

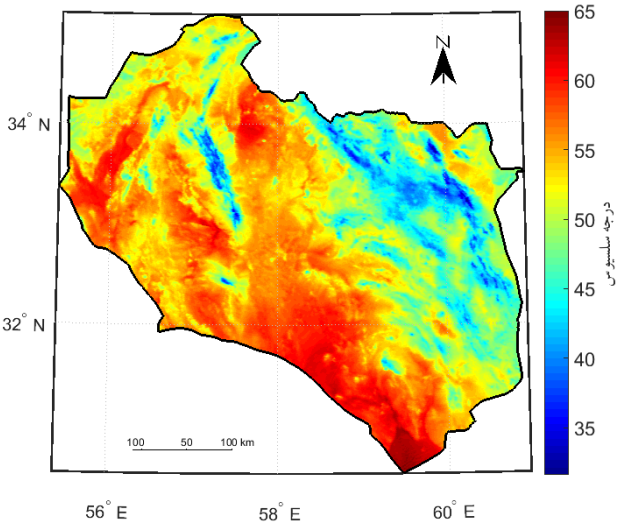
در دورهٔ گرم سال (بهار و تابستان)، بیشینهٔ دمای استان به مناطق شمالی‌تر از کانون‌های اصلی خود در جنوب و غرب، منتقل شده است که البته مصادف با اوج گرفتن دما در سراسر ایران در فصل تابستان است به‌طوری که از اواسط خردادماه تا اوایل شهریورماه، نیمهٔ غربی این ا ستان به شدت با افزایش دمای سطحی با میانگینی حدود ۵۰ درجه مواجه شده است. به‌نظر می‌رسد وزش هوای گرم، ناشی از گذر از مناطق کویری استان از یک‌سو، جذب حداکثری دمای تابشی خورشید توسط سطح برهنهٔ زمین و کاهش گسترهٔ پوشش گیاهی در این استان و مخصوصاً در این مناطق از سویی دیگر، رخداد شرایط افزایشی دما در این استان را تشدید کرده است.

با ورود به دورهٔ سرد سال (پاییز و زمستان)، افت محسوس دما در این استان مشهود است ولی همچنان گرانیگاه دمای سطحی به بخش‌هایی از جنوب و جنوب‌غرب استان در نهبندان، خوسف و جنوب طبس عقب‌نشینی کرده و این مناطق را در حاکمیت قلمروی افزایشی دما قرار داده است.



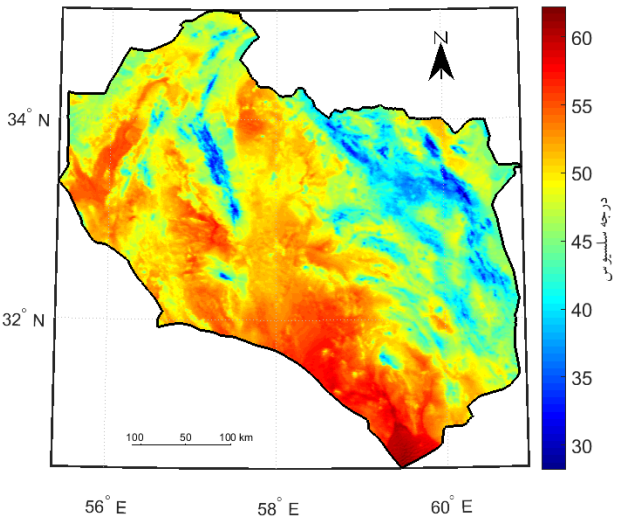
شکل ۲- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در فروردین‌ماه.

شکل ۳- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در اردیبهشت‌ماه



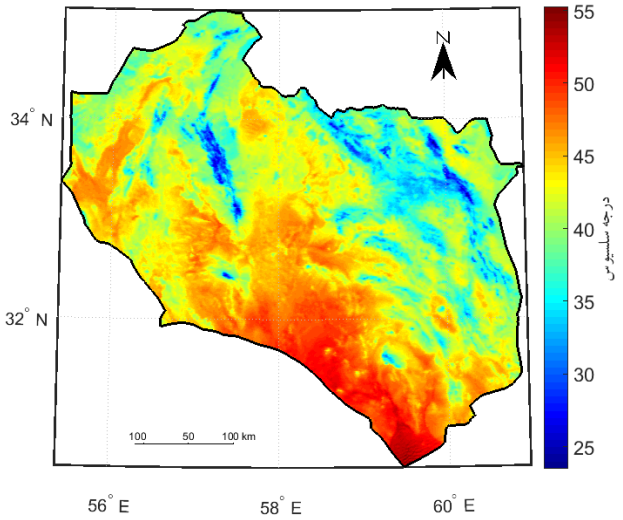
شکل ٤- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در خردادماه.

شکل ۵- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در تیرماه.

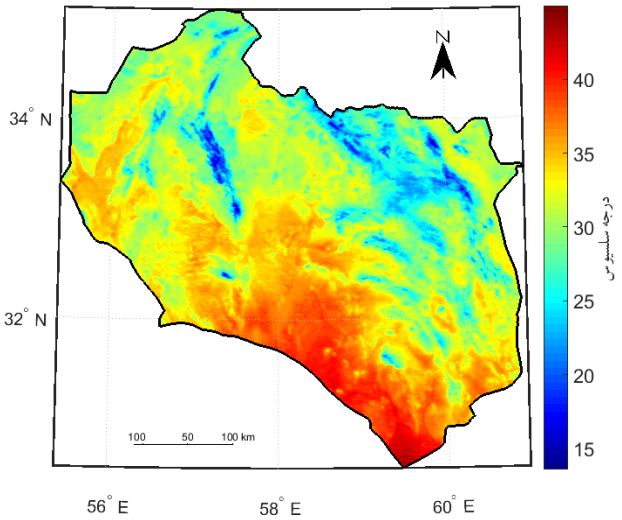


شکل ٦- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در مردادماه.

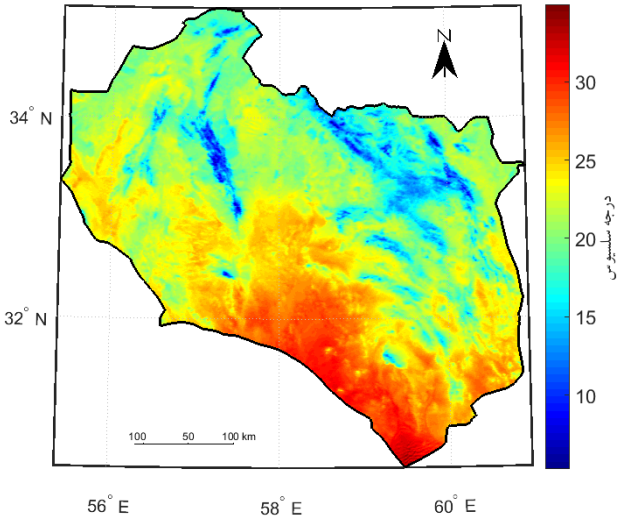
شکل ۷- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در شهریورماه.



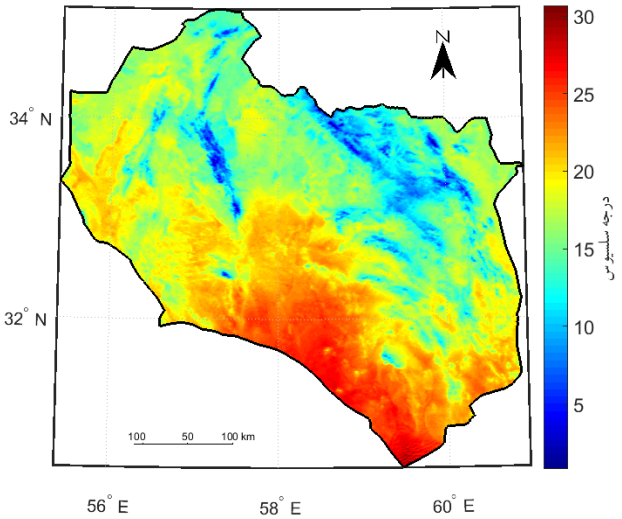
شکل ۸- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در مهرماه.



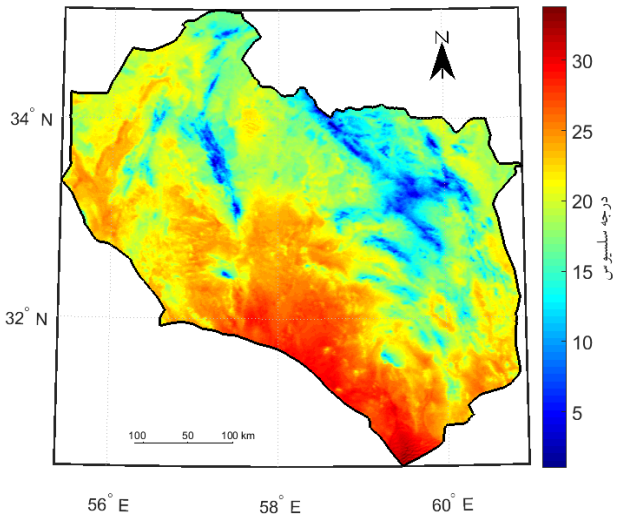
شکل ۹- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در آبان‌ماه.



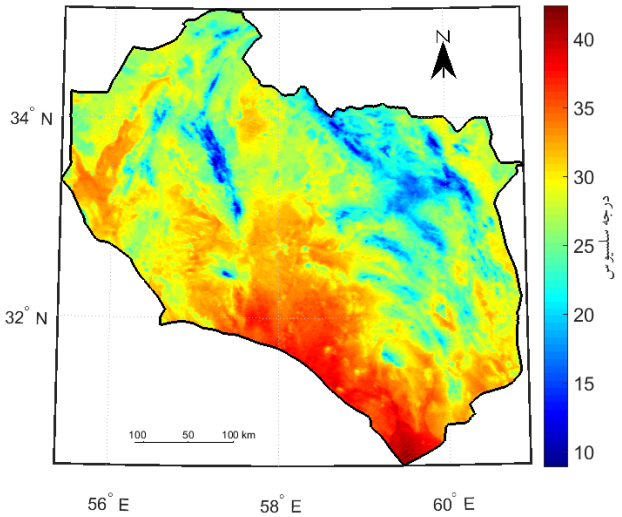
شکل ۱۰- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در آذرماه.



شکل ۱۱- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در دی‌ماه.



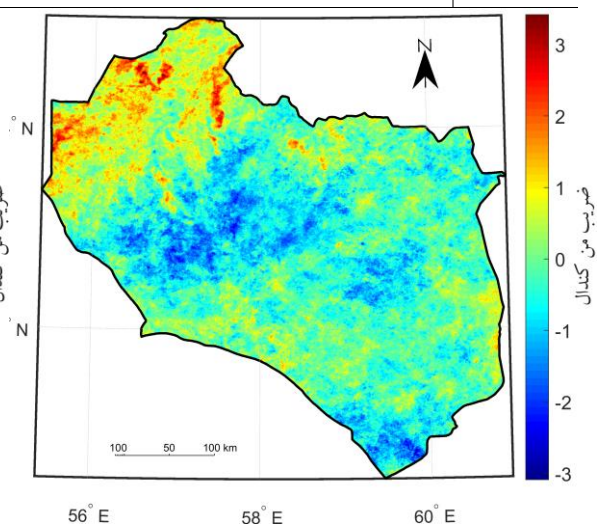
شکل ۱۲- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در بهمن‌ماه.



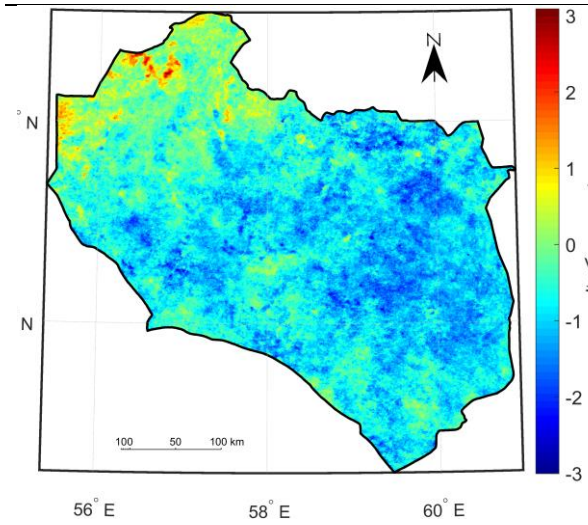
شکل ۱۳- میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در اسفندماه.

جدول ۲- مساحت روند دمای سطح زمین در استان خراسان‌جنوبی (بر حسب درصد)

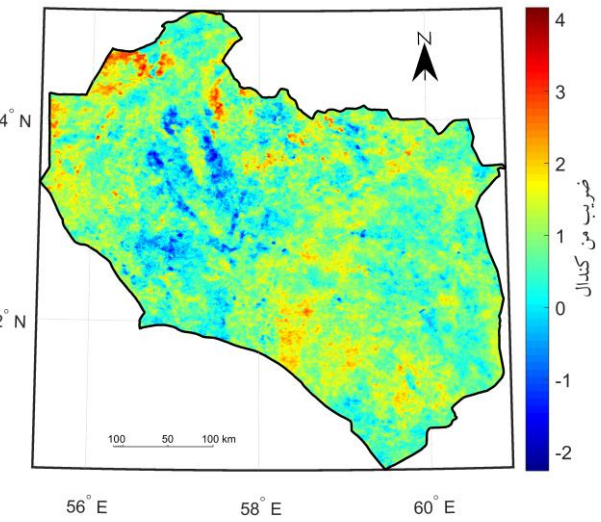
	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	میانگین
روند افزایشی	۰/۷۴	۰/۵۷	۲/۶۳	۷/۸۷	۱/۳۷	۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۱۶	۱/۹۵	۲/۰۹	۰/۵۲	۱/۵۱
بدون روند	۹۸/۸۸	۹۹/۳۵	۹/۳۶ ۷	۹/۹۴ ۱	۹/۲۵ ۷	۹۸/۸۴	۹/۱۹ ۹	۹/۵۱ ۳	۹/۸۳ ۹	۹/۰۵ ۸	۹/۹۱ ۷	۹/۴۶ ۹	۹۷/۶۳
روند کاهشی	۰/۳۸	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۲۵	۱/۳۸	۰/۸۷	۰/۸۰	۶/۴۹	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۸۶



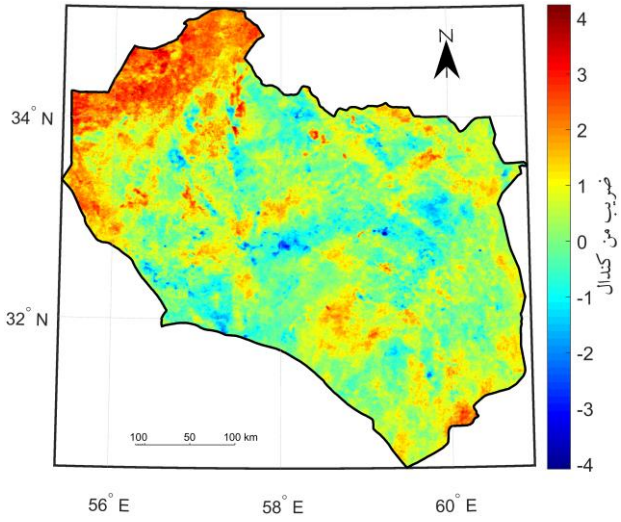
شکل ۱۴- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در فروردین‌ماه.



شکل ۱۵- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در اردیبهشت‌ماه.

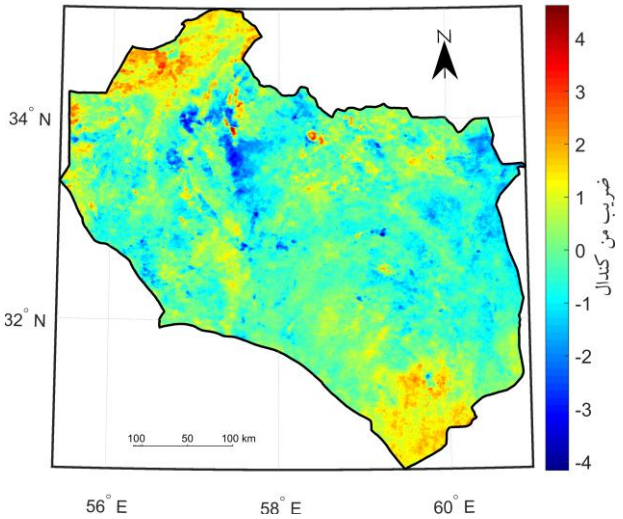


شکل ۱۶- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در خردادماه

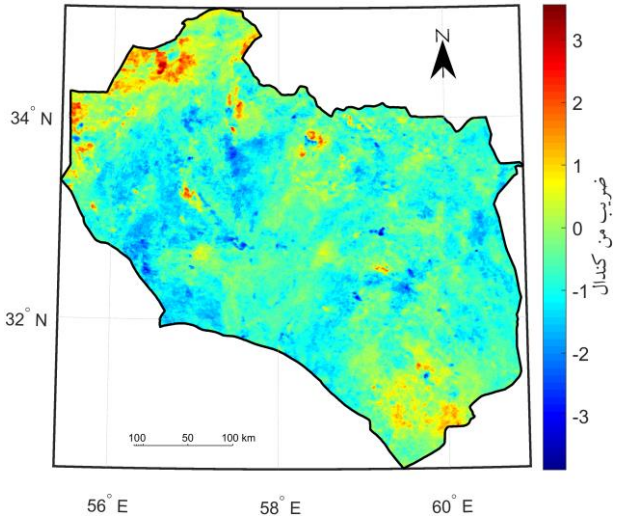


شکل ۱۷- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در تیرماه.

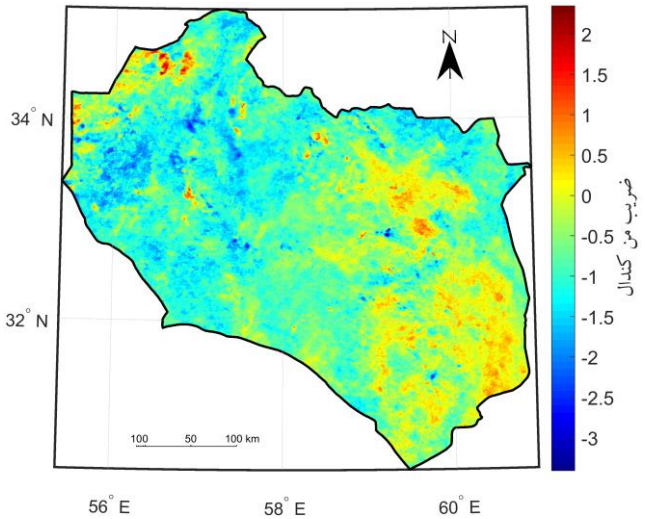
از آذرماه به بعد، کاهش نسبی دمای سطحی حتی تا حدود صفر درجه سلسیوس در این استان مشاهده می‌شود. در این ماه‌ها اغلب مناطق استان دمای متعادل‌تری دارند و در ارتفاعات استان، دمای سطحی به کمتر از صفر درجه هم می‌رسد (شکل‌های۲ تا ۱۳). بنابراین به‌نظر می‌رسد نباید از نقش عوامل جغرافیایی و توپوگرافی منطقه مانند همجواری با کویرهای بزرگ ایران در وردش‌های دمای سطحی این استان غافل شد. چرا که پراکنش مکانی دمای سطحی در این استان به‌شدت تابع ناهمواری و دوری و نزدیکی به مناطق کویری و بیابانی می‌باشد که البته لزوم تهیه، تدوین و اجرای برنامه‌های مدیریت منابع آب، کاهش اثرات خشکسالی‌های اخیر در استان و بهره‌برداری بهینه از پتانسیل‌های کشاورزی استان را چند برابر می‌کند.



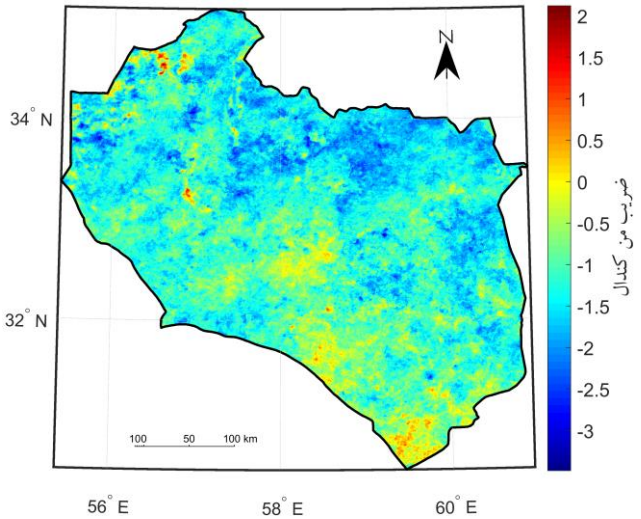
شکل ۱۸- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در مردادماه.



شکل ۱۹- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در شهریورماه.



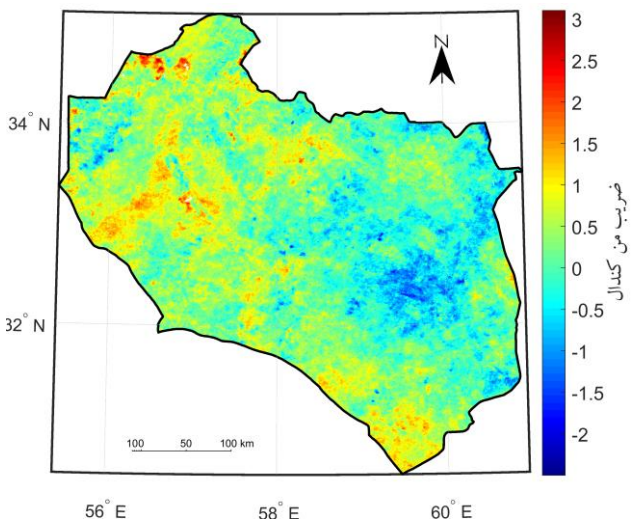
شکل ۲۰- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در مهرماه .



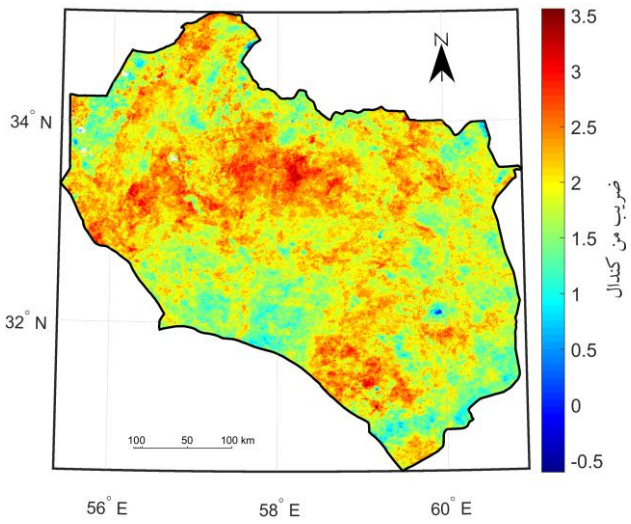
شکل ۲۱- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در آبان‌ماه.

تحلیل زمانی تغییرات مکانی دمای سطح زمین در استان خراسان جنوبی: واکاوی روند دمای سطح زمین در این استان حاکی از این است که طی دورهٔ مورد بررسی، اغلب مناطق استان فاقد روند معنی‌دار هستند و بیش از ۹۷ درصد از مساحت استان، روند خاصی در دما مشاهده نمی‌شود. ۱/۵ درصد از وسعت استان نیز در قلمرو روند افزایشی دماست و فقط کمتر از یک درصد از مساحت استان، دارای روند کاهشی در دما می‌باشد. نکتهٔ قابل تأمل این است که روند افزایشی دما در دو بخش از سال متمرکز شده است. نخست در دورهٔ گرم سال به‌ویژه ماه‌های خرداد، تیر، مرداد به ترتیب با ۲/۶۳، ۷/۸۷ و ۱/۳۷ در صد و سپس در دورهٔ سرد سال در ماه‌های دی و بهمن به‌ترتیب با ۱/۹۵، ۲/۰۹ درصد از مساحت حوضه را به‌خود اختصاص داده است. به‌نظر می‌رسد افزایش ۱/۵ درصدی بخش‌هایی از استان در مناطقی از شمال و شمال‌غرب استان در مجاورت کویر مرکزی ایران به‌ویژه در فصول تابستان و زمستان، نشان‌دهندهٔ افزایش دمای سطحی هم در زمستان و هم در تابستان این استان می‌باشد. به‌عبارتی دیگر؛ در این استان دما در زمستان و تابستان روندی افزایشی پیدا نموده است. همچنین در این استان، روند کاهشی و منفی دما در فصل پاییز و به ویژه در آبان‌ماه با ۶/۵ در صد، مساحت اندکی از استان را به‌خود اختصاص داده است (جدول ۲).

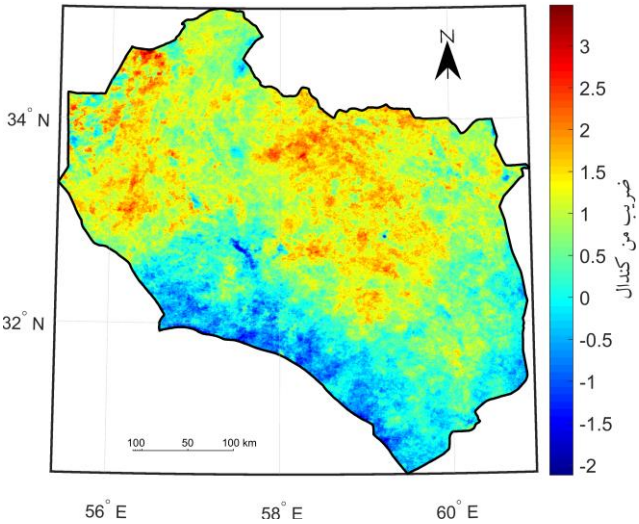
همچنین واکاوی نقشه‌های تغییرات مکانی دمای سطح زمین در استان خراسان جنوبی حاکی از این است که دما در



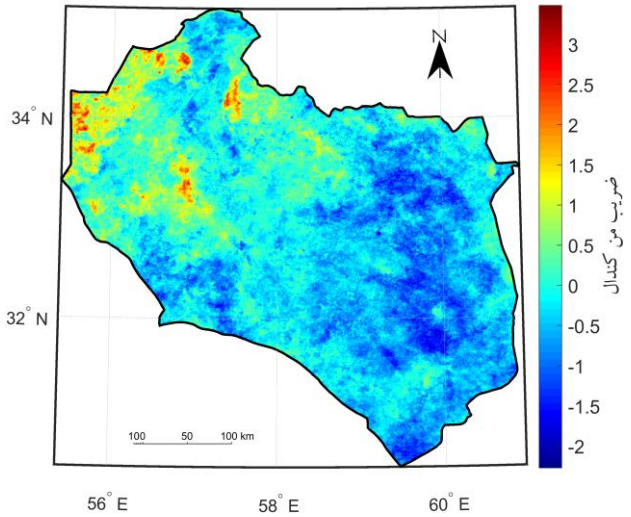
شکل ۲۲- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در آذرماه.



شکل ۲۳- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در دی‌ماه.



شکل ۲٤- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در بهمن‌ماه.



شکل ۲۵- تغییرات مکانی دمای سطح زمین در اسفندماه.

بیشترین مساحت این استان، روند معنی‌داری ندارد و پس از آن، بیشترین مساحت حوضه مربوط به روند افزایشی معنی دار دما در سطح اطمینان ۹۵ درصد است که در اغلب ماه‌های سال در بخش‌های شمال و شمال‌غرب استان در نوار مزری با استان سمنان و اصفهان و در همسایگی کویر مرکزی ایران و کویر لوت واقع شده است. این افزایش دما با اوج گرفتن تابستان در تیرماه، شدت بیشتری پیدا می‌کند. در فصل پاییز و با شروع سرمای سراسری و افت دما در ایران، روند دما در این استان هم کاهشی می‌شود و در آبان‌ماه به اوج خود می‌رسد که البته در اغلب نقاط استان به‌ویژه در مناطق مرتفع و کوهستانی به‌صورت پراکنده مشاهده می‌شود. در فصل زمستان به‌ویژه در دی‌ماه و بهمن‌ماه روند دما افزایش معنی‌داری داشته است. این در حالی است که در میانهٔ استان که قلمرو مناطق مرتفع و کوهستانی است این شرایط رخ می‌دهد که نشان از رخ‌نمایی زمستان‌های گرم‌تر نسبت به گذشته است (شکل‌های ۱۴ تا ۲۵).

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از پژوهش حاضر را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد؛ بخش اول: نتایج حاصل از بررسی میانگین بلندمدت دمای سطح زمین در استان خراسان‌جنوبی است که نشان داد این افزایش دما در این استان میل به خوشه‌ای شدن و متمرکزشدن دارد. به‌طوری که در دورهٔ گرم سال، گرانیگاه و بیشینهٔ افزایشی دمای سطحی در بخش‌های جنوبی، جنوب

غرب و غرب این استان در شهرستان‌های نهبندان، خوسف و طبس متمرکز شده است که انطباق بالایی با قسمت‌های کم‌ارتفاع و پست حوضه دارد و در مجاورت و همسایگی با کویر لوت قرار دارد. این در حالی است که با اوج گرفتن دما در تابستان به‌ویژه در تیرماه افزایش دمای سطحی نیز به مناطق شمالی و غربی استان نیز کشیده شده است و نیمهٔ غربی استان را غالباً حاکمیت گرما در برگرفته است. بخش‌های شمالی، میانی و شرقی این استان که در مجاورت ارتفاعات و مناطق کوهستانی واقع شده‌اند در اغلب طول سال، دمای سطحی متعادل‌تری دارند و از اقلیمی ملایم‌تر برخوردارند. با ورود به دورهٔ سرد سال و کاهش معنی‌دار دما در سراسر ایران، افت محسوس دما در این استان نیز مشهود است ولی همچنان گرانیگاه دمای سطحی به بخش‌هایی از جنوب و جنوب‌غرب استان عقب‌نشینی کرده و این مناطق را در حاکمیت قلمروی افزایشی دما قرار داده است. بخش دوم: نتایج حاصل از تحلیل تغییرات مکانی دمای سطح زمین در این استان است که نشان می‌دهد که در سراسر استان ولی به‌صورت پراکنده، روند افزایشی در دمای سطحی مشاهده می‌شود و این نشان‌دهندهٔ افزایش نسبی دما در سطح زمین متأثر از تغییرات اقلیمی کلان‌مقیاس و به‌ویژه افزایش گرمایش جهانی می‌باشد. نکتهٔ قابل تأمل این است که روند افزایشی دما در دو بخش از سال متمرکز شده است. نخست در دورهٔ گرم سال به‌ویژه ماه‌های خرداد، تیر، مرداد به‌ترتیب با ۲/۶۳، ۷/۸۷ و ۱/۳۷ درصد و سپس در دورهٔ سرد سال در ماه‌های دی و بهمن به‌ترتیب با ۱/۹۵، ۲/۰۹ درصد از مساحت حوضه را به خود اختصاص داده است. به‌نظر می‌رسد تابستان و زمستان در حال گرم‌تر شدن هستند و به‌طور محسوسی دمای سطح زمین در این استان در حال افزایش است. همچنین در سطح اطمینان ۹۵ درصد، ۹۷ درصد از مساحت استان فاقد روند معنی‌داری در دما هستند. ۱/۵ درصد از وسعت استان نیز در قلمرو روند افزایشی دماست که شامل بخش‌هایی از شمال و شمال‌غرب استان در نوار مزری با استان سمنان و اصفهان و در همسایگی کویر مرکزی ایران و کویر لوت واقع شده است و فقط کمتر از یک درصد از مساحت استان، دارای روند کاهشی در دما می‌باشد که البته در اغلب نقاط استان به‌ویژه در مناطق مرتفع و کوهستانی به‌صورت پراکنده مشاهده می‌شود.

به‌نظر می‌رسد در پایش و واکاوی دمای سطحی در استان خراسان‌جنوبی نباید از نقش اقلیمی و توپوگرافی منطقه مانند همجواری با کویرهای بزرگ ایران و کمربند گرم و خشک بیابانی در وردش‌های دمای سطحی در این استان غافل شد، چرا که پراکنش مکانی-زمانی دمای سطحی در این استان، به‌شدت تابع ناهمواری و دوری و نزدیکی به مناطق کویری و بیابانی می‌باشد. این در حالی است که وزش هوای گرم ناشی از مناطق کویری استان از یک‌سو، جذب حداکثری دمای تابشی خورشید توسط سطح برهنهٔ زمین و کاهش گسترهٔ پوشش گیاهی در این استان از سویی دیگر، رخداد شرایط افزایشی دما در این بخش از کشور را تشدید نموده است. بنابراین نتایج پژوهش حاضر با مطالعات دمای سطح زمین از جمله افزایش دمای سطحی در استان خراسان جنوبی با افزایش دمای سطحی و کاهش پوشش گیاهی در یزد (Zareie *et al*., 2016)، کاهش پوشش گیاهی در یانبو عربستان (Aina *et al*., 2017)، گسترش بیابان‌ها در حوضه‌آبخیز سین‌کیانگ چین (Zhang *et al*., 2017)، کاهش فضای سبز شهری در تایلند، اندونزی و فیلیپین (Ronald *et al*., 2017)، خشک شدن تالاب سه‌گانه در سیستان (Firoozi *et al*., 2020)، کاهش پوشش گیاهی در مراغه (Jahanbakhsh *et al*., 2011)، تغییر کاربری اراضی در حوضهٔ دریاچه پریشان (Entezari *et al*., 2016)، با توسعهٔ مناطق شهری در شهرکرد (Ebrahimi and Kiyani-Salmi, 2019)، کاهش پوشش گیاهی در ایران (Arvin, 2019) و توسعه شهرنشینی در ایران (Kakemami *et al*., 2020) هم‌خوانی دارد.

بنابراین به‌نظر می‌رسد برای سازگاری و مقابله با افزایش دمای سطحی در این استان رعایت دو نکته اساسی، لازم و ضروری باشد؛ ۱) در بخش مدیریت منابع آب استان

و افزایش بهره‌وری ذخیره‌گاه‌های آبی می‌توان از طریق تغییر سیستم آبیاری از غرقابی به قطره‌ای-تشتکی نقش به‌سزایی در مصرف بهینهٔ آب ایفا نمود. ۲) با 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 توسعه و کشت محصولات مقاوم در برابر گرما مانند زرشک، زعفران و عناب و تولید نژادی که به افزایش گرما مقاوم باشند، می‌توان کمک شایانی به رونق تولید و افزایش اشتغال و درآمدزایی نمود.

تقدیر و تشکر

این پژوهش، مستخرج از طرح دورهٔ فرصت مطالعاتی اعضای هیأت علمی دانشگاه در جامعه و صنعت است بنابراین، نویسندگان مقاله از دانشگاه سیدجمال‌الدین‌اسدآبادی و ادارهٔ کل هواشناسی خراسان‌جنوبی به‌سبب حمایت‌ها و پشتیبانی‌های عملیاتی-تحقیقاتی تشکر و قدردانی می‌کنند.

References

Aina, Y., Parvez, I., 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. Springer, Cham 20,121-180.

Arvin, A., 2019. Earth surface temperature detection using satellite images. The Journal of Natural Hazard 19, 91-102. (In Persian)

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.

Burn, D. H. 1994. Hydrologic effects of climate changes in west central Canada. Journal of Hydrology 160, 53-70.

Chehbouni, A., Lo Seen, D., Njoku, E.G., Monteny, B.M., 1996. Examination of the difference between radiative and aerodynamic surface temperatures over sparsely vegetated surfaces. Remote Sensing of Environment 58, 177-186.

Coll, C., Caselles, V., Sobrino, J.A., Valor, E., 1994. On the atmospheric dependence of the split-window equation for land surface temperature. Remote Sensing 15, 105-122.

Dodangeh, E., Soltani, S., Sarhadi, A., 2011. Investigation of trend of flow limit values (minimum flow and flood) in Sefidrood dam watershed, Journal of Agricultural Science and Technology and Natural Resources 58, 215-229. (In Persian)

Ebrahimi, A. A., Kiyani-Salmi, E., 2019. Evaluation of the effect of changes in meadowland cover on land surface temperature in Shahrekord meadow. The Journal of Spatial Planning 2, 1-30. (In Persian)

Entezari, A. R., Amirahmadi, A. G., Aliabadi, G., Khosroviyan. M., Ebrahimi, M., 2016. Land Surface temperature monitoring and evaluation of change trends (Case study: Parishan Lake catchment). Journal of Hydrogeomorphology 7, 113-139. (In Persian)

Esmailpour, N., Azizpour, M., 2009. Changing the use of agricultural lands and the relative increase in temperature in Yazd Due to its rapid growth. Journal of Geography and Regional Development 12, 37-54.

Fallah-Shamsi, S. R., Majnoni, A., Nazemolsadat, S. J., 2009. Investigating the effect of land allocation to green space on the heat islands of Shiraz using remote sensing techniques and GIS, Research Project No. 2/9852, Shiraz University. (In Persian)

Firoozi, F, Mahmoud, 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.

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.

Gondwe, S.V., 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, 17-26.

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, environmental Sciences 13, 935-942.

Hashemi, S. M., Alavipanaah, S. K., Dinarvandi, M., 2013. Evaluation of spatial distribution of surface temperature in urban environment using thermal remote sensing. Journal of Environmental Science 1, 81-99. (In Persian)

He, J., Zhao, W., Li, A., 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 1-20.

Hejam, S., Khoshkho, Y., Shamsoldini, R., 2008. Analyzing the trend of seasonal and annual rainfall changes in some selected stations in the central part of Iran using non-parametric methods. Journal of Geographical Research 64, 157-167. (In Persian)

Hejazizadeh, Z., Ziyaeyan, P., Shirkhani, A.R., 2013. Comparison of surface temperature estimation using thermal band data of satellite sensors in west of Tehran and Qazvin. Journal of Geography 38, 33-49. (In Persian)

Hirsch, R.M., Slack, .J.R., 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resources Research 20, 727-732.

Jahanbakhsh, S., Zahedi, M., Valizade-Kamran, K., 2011. Calculation of land surface temperature using Sabal method and decision tree in GIS-RS in the central part of Maragheh. Journal of Geography and Planning 38, 19-42. (In Persian)

Jalili, S., Morid, S., Ziyaeyan-Firizabadi, P., 2008. Comparison of the performance of satellite and meteorological indicators in drought monitoring. Journal of Soil and Water Research 1, 139-149. (In Persian)

Kakemami, A., Gorbani, A., Asghari-Sareskanrod, S., Ghaleh, E., Ghafari, S., 2020. Investigating the Relationship between Land Use Changes and Vegetation and land surface temperature in Namin County. Journal of Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources 2, 27-48. (In Persian)

Latif, M.S. 2014. Land Surface Temperature Retrieval of Landsat-8 Data Using Split Window Algorithm-A Case Study of Ranchi District. International Journal of Engineering Development and Research 2, 2840-3849.

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.

Malekpour, P., Taleei, M., 2011. Modeling the relationship between land cover and surface temperature, using ASTER sensor data. Journal of Environmental Science 57, 29-42. (In Persian)

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.

Masoudian, S. A., 2004. Rainfall trends in the last half century. Journal of Geography and Regional Development 2, 63-72. (In Persian)

Masoudian, S. A., Tourki, M., 2019. Analysis of temporal and spatial changes of the heat island of Ahvaz metropolis with the help of MODIS data. Geography and environmental planning 30, 75-92. (In Persian)

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.

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.

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. International Journal of Earth Geoformation 70, 62-71.

Niclos, R., Valiente, J. A., Barberà M. J., Caselles, V., 2013. Land surface temperature retrieval from EOS-MODIS images. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters 11, 1380-1384.

Nosrati, K., Imani, S., Talari, A., 2018. Regional analysis of suspended sediment load using principal component regression method in Sefidrood watershed. Journal of Natural Environment 3, 809- 827. (In Persian)

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.

Salehi, N., Ekhtesasi, M.R., Talebi, A., 2019. Predicting the trend of land use change using the Markov chain model (Case study: Ramsar Saffarude). Journal of RS and GIS for Natural Resources 10,106-121. (In Persian)

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.

Sun, D., Pinker, R.T., 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.

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.

Turgay, P., Ercan, K., 2006. Trend Analysis in Turkish Precipitation Data, Hydrology Process 20, 2011-2026.

Vooget, J.A., Oke, T.R., 2003. Thermal Remote Sensing of Urban Climates, Remote Sensing of Environment 86, 370-282.

Wang, R., Cai, M, Ren, Ch., Bechtel, B., Xu, Y., Ng, E., 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.

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.

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.

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- 25.

Xu, H.Q., Chen, B.Q., 2005. Remote sensing of the urban heat island and its changes in Xiamen City of SE China, IOS Press 16, 276-281.

Yue, S., P. Pilon., 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.

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.

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.