فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال سی و سوم، شماره اول، بهار ۱۳۹۷، شماره پیاپی ۱۲۸

دکتر محمود احمدی*، دانشیار، گروه آب و هواشناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران **Dr.M. Ahmadi**
عباسعلی داداشی رودباری، دانشجوی دکتری،گروه آب و هواشناسی شهری، دانشگاه شهید بهشتی،تهران، ایران **A.Dadashiroudbari**
دکتر حمزه احمدی، گروه آب وهواشناسی کشاورزی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار،ایران **Dr.Hamzeh Ahmadi**
ma__ahmadi@sbu.ac.ir

پایش دمای شب‌هنگام سطح زمین در گستره ایران مبتنی بر برونداد سنجنده MODIS

دریافت مقاله: ۹۶/۴/۱۲ پذیرش نهایی: ۹۶/۱۲/۱۹

DOI: 10.29252/georesearch.33.1.174

چکیده

برآورد دمای سطح زمین (LST) برای طیف گسترده ایی از برنامه‌ریزی‌های کاربردی مانند کشاورزی، جزیره حرارتی شهری (UHI)، مدیریت انرژی، فرین‌های آب هوایی و مطالعات دگرگونی آب و هوایی کاربرد دارد. فرآورده‌های LST مودیس به‌صورت پیوسته و در ردیف‌های منظم ارائه می‌شوند و تغییرات فضایی-زمانی را به شکل محصولات روزانه، هشت‌روزه و ماهانه به‌صورت جهانی پردازش می‌کنند. هدف از این پژوهش واکاوی برونداد داده‌های سنجنده مودیس به‌منظور توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین در گستره ایران است. به این منظور داده‌های دمای سطح زمین مودیس که با استفاده از خوارزمیک روز-شب تولید شدند؛ برای دوره آماری ۲۰۰۱- ۲۰۱۵ میلادی مبتنی بر برونداد فرآورده موسوم به MOD11C3 (V5) استخراج گردید. سپس آرایه‌ای به ابعاد ۶۲۲۵۸×۴۸۵۵ تشکیل شد. در این آرایه ۶۲۲۵۸ تعداد یاخته‌ها با تفکیک مکانی ۵ کیلومتر و ۴۸۵۵ نماینده روزها تعیین و در گام بعدی این آرایه به ۶۲۲۵۸×۱۲ تقلیل یافت که ۱۲ نماینده ماه‌های سال می‌باشد. برای پایش نهایی از روش زمین‌آمار کریجینگ برای پهنه‌بندی دمای سطح زمین استفاده شد. نتایج نشان داد کمینه دمای شب‌هنگام سطح زمین ازنظر زمانی در ماه‌های دسامبر تا فوریه رخ می‌دهد و میزان آن تا ۲۰- درجه سلسیوس می‌رسد. ازنظر مکانی نیز این مناطق منطبق بر ارتفاعات و الگوی ناهمواری‌ها، به‌ویژه نیمه غربی، شمالی و شمال غرب و شمال خراسان می‌باشد. ماه سپتامبر واسطه دِگرش دمای شب‌هنگام سطح زمین از دوره گرم سال به دوره سرد سال و ماه مارس واسطه دِگرش دوره سرد سال به دوره گرم سال محسوب می‌شود. کانونی از دماهای گرم شب‌هنگام سطح زمین در ماه‌های مختلف سال قابل‌مشاهده است. ازنظر زمانی این دماهای گرم از آوریل تا سپتامبر بر مناطق گرمسیری حکم‌فرمایی می‌کنند. تنوع دمای شب‌هنگام سطح زمین در ایران زیاد است، ارتفاعات و ناهمواری‌ها عامل کارسازی در شکل‌گیری وضعیت و میزان دمای شب‌هنگام سطح زمین در ایران محسوب می‌شوند.

واژگان کلیدی: دمای سطح زمین، دمای سطح زمین شب‌هنگام، سنجنده مودیس ، تصاویر ماهواره‌ای، ایران

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/georesearch.33.1.174]

مقدمه

دمای سطح زمین یک سنجه بسیار مهم برای طیف وسیعی از برنامه‌ریزی‌های کاربردی است. این پارامتر اغلب به‌عنوان دمای پوسته (رویه) سطح زمین نیز شناخته می‌شود که از داده‌های مادون‌قرمز حرارتی سنجش‌ازدور به دست می‌آید (Weng et al, 2014). همچنین دمای سطح زمین یک پارامتر مهم برای ارزیابی بودجه انرژی سطح زمین است (Trigo et al, 2008). تاملینسون و همکاران* (۲۰۱۱) طی پژوهشی به بسیاری از این کاربردها شامل جزایر گرمایی شهری، محاسبه درجه روزهای گرمایش و سرمایش، ورودی مدل‌ها، توسعه شهری، مدل‌های بارش-رواناب و رطوبت سطحی و زیرسطحی (Moran, 2004)، تبخیر و تعرق سطحی (Wang, Dickinson, 2012)، دگرگونی آب و هوایی(IPCC, 2007)، گسترش بیماری‌ها (Devisser et al, 2010) و بسیاری از شاخه‌های مرتبط با علوم محیطی و مهندسی اشاره‌کرده‌اند. دانش ما از دمای سطح زمین و دگرگونی زمانی-مکانی آن در وهله نخست اهمیت شایان توجهی را برای مناطق شهری و محیط‌زیست و تعاملات آن با انسان خواهد داشت (Keramitsoglou et al, 2011).

به جهت اندازه‌گیری محدود دمای سطح زمین و هوا در مناطق شهری که بیشینه جمعیت، مراکز اقتصادی، اجتماعی و... را نیز به خود اختصاص داده‌اند و از سوی دیگر این مناطق دگردیسی چشمگیری نیز در مسافت‌های کوچک دارند نمی‌توانند راهبردهای مناسبی را به جهت برنامه‌ریزی‌ها ارائه دهند. از سوی دیگر اندازه‌گیری هواشناسی هرچند که اطلاعات دقیق تا گسسته ایی برای مکان‌های خاص فراهم می‌کنند اما توانایی برای توصیف ناهمگونی فضایی در نواحی بزرگ را محدود کرده‌اند(Willmott, Robeson,1995, Benali et al, 2012). غیریکنواخت بودن توزیع فضایی - مکانی پیمون گاه‌های هواشناسی و نقض ابزار اندازه‌گیری به‌خصوص در شرایط سطح زمین نیز چالشی دیگر است. با توسعه ماهواره‌های سنجش‌ازدور می‌توان اذعان داشت که این مشکل تا حدودی برطرف گردید. ماهواره‌های سنجش‌ازدور پوشش جهانی بی‌سابقه ایی از پارامترهای سطح همچون دمای سطح زمین، پوشش گیاهی، تبخیر و تعریق و ... را در اختیار ما قرار می‌دهند(Carlson, 2007, zho et al, 2013). لذا مطالعه دمای سطح زمین آن‌هم در پیمانه زمانی که تاکنون کمتر موردتوجه پژوهشگران قرارگرفته است (دمای شب‌هنگام سطح زمین) می‌تواند دریچه‌های نو را برای دانش آب‌وهوا شناسی بگشاید.

همان‌طور که گفته شد دمای سطح زمین یک پارامتر کلیدی در فرایندهای فیزیکی انرژی سطح زمین و تعامل آب‌وهوا در پیمانه‌های منطقه ایی و جهانی است (Karnieli et al, 2010) (Li et al, 2009). ماهواره‌های سنجش‌ازدور امکان سنجش دمای سطح زمین را با تفکیک فضایی-زمانی بالا ارائه می‌دهند (Li et al, 2013). تا به امروز فرآورده‌های دمای سطح زمین دو ماهواره ترا و آکوا† منسجم‌ترین و کاراترین داده‌های دمای سطح زمین را ارائه کرده‌اند(Wan, 2004, Duan, 2014).

در طول شب سطح زمین به شکل یک سطح هم‌دما و همگن عمل می‌کند. در طول روز دمای سطح زمین تحت شرایط سایه و نور مستقیم خورشید می‌تواند منجر به ظهور یک اختلاف ۲۰ درجه ایی دما شود(Wan, Dozier, 1996). اما این اختلاف در طول شب نمود چندانی نخواهد داشت. لذا رفتار عوارض این‌چنینی که بر دمای سطح زمین تأثیر می‌گذارند کمتر نمود می‌یابند و ازاین‌جهت شناسایی مناطق و جداسازی عوارض و رفتار بیوفیزیکی‌شان در فضای دمایی محیط کمی پیچیده‌تر خواهد شد. در بین باید توجه داشت که شدت جزایر حرارتی شهری در شب به بالاترین مقدار خود می‌رسد (EPA, 2017) این اختلاف در اوایل صبح ۸ درجه سلسیوس و در ساعات آغازین شب به بیشترین مقدار خود یعنی ۱۰ درجه سلسیوس می‌رسد(محمدی، ۱۳۹۰). در خصوص شدت جزایر گرمایی باید به دو نکته توجه خاص مبذول داشت: مورد اول تابش و مورد دوم توپوگرافی است. ازآنجایی که

* Tomlinson et al
† Terra, Aqua

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/georesearch.33.1.174]

ایران به جهت موقعیت قرار گیریش در عرض‌های جغرافیای مختلف و توپوگرافی پیچیده به‌خصوص در شمال و نوار غربی؛ مطالعه جزایر گرمایی در مقیاس بزرگ باید احتیاط ویژه صورت گیرد. مسعودیان (۱۳۹۰) در جامع‌ترین و به‌روزترین مطالعه از آب‌وهوای ایران ابراز داشته است شب‌هنگام که تابش‌های کوتاه پس از غروب خورشید حذف می‌شود و دمای هوا تابعی از تابش‌های بلند خروجی است و بخارآب موجود در هواسپهر با جذب این تابش نقش گرمایشی بازی می‌کند.

به جهت اهمیت مطالعه دمای سطح زمین به‌خصوص دمای شب‌هنگام مبتنی بر بروندادهای ماهواره ایی تاکنون پژوهش‌های بسیاری انجام‌شده است این دست از پژوهش‌ها را می‌توان بر اساس نوع ماهواره/سنجنده و هدف پژوهش به دودسته کلی تقسیم‌بندی کرد: در طبقه‌بندی نخست که بر اساس توان تفکیکی ماهواره/سنجنده قابل‌تقسیم بندی است می‌توان آن‌ها را به: ۱- سنجنده‌های اپتیکی با توان تفکیک مکانی پایین و متوسط و ۲- سنجنده‌های اپتیکی با توان تفکیک مکانی بالا تقسیم‌بندی کرد. در طبقه‌بندی دیگر که بر اساس هدف قابل‌تقسیم بندی است نیز می‌توان پژوهش‌های مرتبط با دمای سطح زمین را همچون قبل در دودسته کلی دیگر قرار دارد. در دسته نخست که بخش چشمگیری از پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده است در زمینه راستی آزمایی داده‌های ماهواره ایی است؛ دسته دوم به نتایج کاربردی منتج از دمای سطح زمین پرداخته‌اند. در این راستا ونگ و همکاران* (۲۰۰۸) به اعتبار سنجی دمای سطح زمین با استفاده از اندازه‌گیری‌های بلندمدت دمای سطح زمین شب‌هنگام با استفاده از فرآورده مودیس به این نتیجه رسیدند که خطای فرآورده این سنجنده در برآورد دمای سطح زمین به زاویه اوج سنسور بستگی دارد و مستقل از دمای هوا، رطوبت، سرعت باد و رطوبت خاک است. هالی و هوک†(۲۰۰۹) به هم‌سنجی فرآورده دمای سطح زمین مجموعه مودیس ۴، ۴/۱ و ۵ و اعتبار سنجی آن با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی نمونه‌های شنی در بیابان نامیب در نامیبیا پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در مناطق خشک و نیمه‌خشک از فرآورده نسخه ۴ استفاده کنند.

یانگ و ونگ‡(۲۰۱۱) در برآورد تبخیر و تعرق با رویکرد مدل‌سازی فضای دوبعدی با کاربست دمای سطح زمین شب‌هنگام به ارائه یک رابطه بین شاخص نرمال شده پوشش گیاهی و اختلاف درجه حرارت سطح زمین شب‌هنگام پرداختند. هم‌سنجی دمای سطح زمین شب با استفاده از داده‌های ماهواره ایی سنجنده مودیس و هم سنجی مجدد آن با دمای هوا در شهر بیرمنگام انگلستان پژوهشی است که تاملینسون و همکاران(۲۰۱۲) در سه ماه تابستان (ژوئن، ژوئیه و اوت) سال ۲۰۱۰ میلادی بدان پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آنان نشان داد در شب درجه حرارت هوا به‌طور مداوم بالاتر از دمای سطح زمین اندازه‌گیری شده توسط ماهواره در پیمونگاه‌های خاص مشاهده می‌گردد.

ژو و همکاران§(۲۰۱۳) در برآورد دمای بیشینه و کمینه روزانه فرآورده‌های دمای سطح زمین در حوضه رودخانه ژیانگرید** در شمال فلات تبت به این نتیجه رسیدند که دمای کمینه و بیشینه سطح زمین را می‌توان به شکل کارایی با روش TVX از سنجنده ارزیابی کرد. سان و همکاران*§(۲۰۱۴) در برآورد میانگین دمای هوا در سه منطقه در شمال شرق چین با استفاده دمای سطح زمین روز و شب‌هنگام سنجنده مودیس از روش DTVX استفاده کردند نویسندگان ابراز داشته‌اند که این روش استقلال کامل داده‌های فرعی را به همراه خواهد داشت. نتایج پژوهش آنان نشان داده است که تفاوت دمای شب روز در جنگل‌های انبوه و مناطق کوهستانی بیشینه خواهد بود. مطالعه آب و هواشناسی از دمای سطح زمین جهانی با استفاده از مشاهدات روزانه یک کیلومتری مودیس ترا نیز پژوهشی است بچتل†§(۲۰۱۵) بدان پرداخته و به این نتیجه رسید که شرایط آب و هوایی، پوشش زمین، فنولوژی پوشش گیاهی و اثرات زمین‌شناسی و انسانی نقش تعیین‌کننده‌ای در دگرگونی دمای سطح زمین‌دارند.

---

* Wang et al.
† Hilley, Hook
‡ Yang, Wang
§ Zhu et al.
* Xiangride *
† Sun et al. †
‡ Bechtel ‡

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

در ایران نیز پژوهش‌های بسیاری دمای سطح زمین را موردمطالعه قرار داده‌اند؛ رحیمی خوب و همکاران (۱۳۸۴) به برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر نوآ*در حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداختند و به این نتیجه رسیدند که الگوریتم پرایس بیشینه دقت را در برآورد دمای سطح زمین دارد. ارتباط پوشش گیاهی با دما و آلبدو سطح در دوره گرم سال با استفاده از داده‌های مودیس در شمال ایران پژوهشی است ادب و همکاران (۱۳۹۱) آن را موردتوجه قراردادند و به این نتیجه رسیدند که دمای سطحی و آلبدوی سطح تحت تأثیر مقدار پوشش گیاهی است.

مرادی و همکاران (a۱۳۹۵) در پهنه‌بندی دمای رویه زمین ایران با استفاده داده‌های مودیس به این نتیجه رسیدند که ایران به دو خوشه کلی گرم و سرد قابل‌طبقه‌بندی است و خوشه‌بندی مجدد چهار پهنه بسیار گرم، گرم، معتدل و سرد را آشکار ساخته است و خوشه‌های دمای سطح زمین هماهنگی زیادی با ناهمواری‌ها و عرض جغرافیایی دارند. همچنین مرادی و همکاران (b۱۳۹۵) در پژوهشی دیگر با استفاده از داده‌های روز هنگام مودیس شیب دمای سطح زمین را در ایران مورد ارزیابی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات زمانی- مکانی چشم‌گیری درشیب دمای سطح زمین ایران دیده می‌شود؛ این دگرگونی از شرایط محیطی و دگرگونی دریافت انرژی خورشید اثر می‌پذیرد.

ماهواره لندست†به نسبت سایر ماهواره‌ها و سنجنده‌ها بیشتر در ایران موردتوجه قرارگرفته است. احمدی و داداشی رودباری (۱۳۹۵) آثار ترکیبات بیوفیزیکی را در شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری مشهد با استفاده از لندست ۸ مورد ارزیابی قراردادند و با استفاده از شاخص همبستگی مکانی‡خوشه‌های گرم و سرد جزایر حرارتی شهری مشهد را استخراج کردند و به این نتیجه رسیدند که نمایه تفاضل بهنجار شده پوشش گیاهی§اثر منفی و نمایه تفاضل بهنجار شده مناطق ساخته شده*اثر مثبتی بر دمای سطح زمین در شهر مشهد دارد. همچنین علی‌آبادی و داداشی رودباری (۱۳۹۶) با استفاده از داده‌های لندست ۷ نقش مؤلفه‌های جغرافیایی را بر چگونگی پراکندگی دمایی در سطوح شهری مشهد مورد ارزیابی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که یک رابطه مستقیم و مثبت قوی بین دمای سطح زمین و مناطق ساخته شده یک همبستگی معکوس قوی بین نمایه تفاضل بهنجار شده پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در شهر مشهد وجود دارد.

در ایران تاکنون ارزیابی دقیقی از دمای سطح زمین شب‌هنگام به عمل نیامده است و پیشینه این دست از مطالعات در ایران بسیار ضعیف است. تنها مطالعه جامع دمای شبانه ایران توسط مسعودیان (۱۳۹۰) انجام‌شده است وی ایران را به سه قلمرو سواحل جنوبی، مرکزی و کوهپایه‌ای و کوهستانی تقسیم کرده است. دمای شبانه قلمرو اول را ۱۵ تا ۲۳ درجه سلسیوس، قلمرو دوم ۹ تا ۱۵ درجه سلسیوس و قلمرو سوم را ۲ تا ۹ درجه سلسیوس عنوان کرده است.

کارایی دمای هوا در حیات بشری و چشم‌انداز ناهمگون بام ایران و همچنین دگرگونی شدید دمای هوا، زمینه‌ساز استفاده از فناوری‌های نوین سنجش‌ازدور برای واکاوی و شناخت بیشتر از دمای سطح زمین می‌باشد. سنجش تفاوت‌ها و تنوع دمایی ایران همواره کانون توجه آب و هواشناسان و پژوهشگران گرایش‌های مختلف بوده است. کمبود پیمونگاه و پراکنش ناموزون آن‌ها در مناطق مختلف ایران، به‌ویژه مناطق مرکزی و دور از دسترس، ضرورت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان فناوری‌های نوین را حائز اهمیت می‌سازد. یکی از کاربردهای دانش آب و هواشناسی، کمک به تصمیم سازی برای برنامه‌ریزی‌های محیطی در زمینه‌های مختلف می‌باشد. بنابراین پژوهش پیش‌رو باهدف پایش دمای شب‌هنگام سطح زمین در طولانی‌مدت و توزیع زمانی - مکانی آن موردمطالعه قرارگرفته است.

---

* NOAA
† Landsat
‡ Local Indicators of Spatial Association (LISA)
§ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
* Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

روش تحقیق

الف) داده‌های دمای سطح زمین مودیس و نحوه دریافت آن

مودیس*توسط سازمان ملی هوا و فضا ایالات‌متحده آمریکا (Chopping et al, 2008) تحت برنامه سامانه دیدبانی زمین† دو ماهواره آکوا و ترا در سامانه مدارگرد قطبی فعالیت می‌کند. سنجنده مودیس دستگاهی با تفکیک رادیو متریکی زیاد (۱۲ بیت) است و همان‌طور که گفته شد با دو ماهواره آمریکایی ترا (از سال ۲۰۰۰ تاکنون) و آکوا (از سال ۲۰۰۲ تاکنون) حمل می‌شود (Thome et al, 2003). زمان عبور دو سنجنده ترا و آکوا از خط استوا ۱۰:۳۰ و ۱۳:۳۰ به‌وقت محلی است (علی‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۴). داده‌های دمای سطح زمین از کانال‌های حرارتی این سنجنده قابل بازیافت است. بعد از دریافت داده‌های روزانه سنجنده مودیس، برای دوره ۲۰۰۱- ۲۰۱۵ میلادی استخراج گردید. در این پژوهش از فرآورده موسوم به MOD11C3 (V5) استفاده شد.

ب) خوارزمیک مورداستفاده فرآورده MOD11C3 (V5) برای استخراج دمای سطح زمین شب هنگام

همان‌طور که گفته شد داده‌های سطح زمین از پایگاه نامبرده طی دوره زمانی منتخب بارگیری گردید؛ لذا جهت معرفی بهتر این مجموعه داده در ادامه توضیحات مختصری در خصوص این فرآورده و نحوه محاسبه آن ارائه خواهد شد.

روش‌های مختلفی برای بازیابی دمای سطح زمین ارائه‌شده است که شرح کامل آن توسط (Wan et al, 2002) ارائه‌شده است؛ در بین روش‌های موجود دو خوارزمیک پنجره مجزا بهنجار شده (Wan, Dozier, 1996) و روز-شب (Wan et al, 2002) با توجه به‌دقت بالا و عدم قطعیت پایین‌تر این دو روش، بیش از سایر روش‌ها موردتوجه قرار گرفتند. در این پژوهش از داده‌های تولیدشده با خوارزمیک روز-شب در بازه زمانی روزانه استفاده شد.

خوارزمیک فیزیک مبنا روز - شب (Wan, Li, 1997) برای بازیابی میزان گسیل‌مندی سطح و دما با تفکیک مکانی ۵ کیلومتر از یک جفت داده مودیس روز هنگام و شب‌هنگام در ۷ باند مادون‌قرمز حرارتی‡ (شماره باندهای : ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۹، ۳۱ و ۳۲) توسعه داده شد. ورودی‌های این خوارزمیک عبارت‌اند از: فرآورده کالیبره شده رادیانس§ فرآورده موقعیت جغرافیایی؛** فرآورده‌های دمای هواسپهری و پروفیل بخارآب†† و فرآورده ماسک ابر.‡‡ بر اساس نتایج وان و همکاران§§(۲۰۰۲) خوارزمیک روز- شب اولین خوارزمیک عملیاتی است که قادر به تنظیمات بهتر عدم قطعیت دمای هواسپهری و پروفیل بخارآب برای بازیابی بهتر گسیل‌مندی سطح و دما بدون نیاز به روش‌های پیچیده بازیابی پارامترهای سطحی و پروفیل قائم هواسپهری است(Ma et al, 2000;2002). جزئیات فنی کامل استخراج دمای سطح زمین توسط وان و همکاران (۲۰۰۲) و وان و اسنایدر*(۲۰۱۴) تشریح شده است.

ج) پهنه‌بندی دمای سطح زمین شب‌هنگام در ایران

پس از بارگیری داده‌های دمای سطح زمین فرآورده نامبرده با فرمت داده‌های موسوم به خود تعریف برای محدوده ایران به شکل روزانه از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ با تفکیک مکانی ۵×۵ کیلومتر، داده‌ها رمزگشایی شدند که آرایه‌ای به ابعاد ۶۲۲۵۸×۴۸۵۵

---

*Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS)
† Earth Observing System (EOS)
‡ Thermal Infrared (TIR)
§ Calibrated Radiance Product (MOD021KM)
* Geolocation Product (MOD03) *
† Atmospheric Temperature and Water Vapor Profile Product (MOD07)
‡ Cloud Mask Product (MOD35) ‡
§ Wan et al. §
* Wan, Snyder *
† Network Common Data Form (NetCDF) †
‡ decode ‡

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

به دست آمد. در این آرایه ۶۲۲۵۸ تعداد یاخته‌ها با تفکیک مکانی ۵ کیلومتر و ۴۸۵۵ نماینده روزها می‌باشد. در گام بعدی این آرایه به ۱۲×۶۲۲۵۸۱۲ تقلیل یافت که ۱۲ نماینده ماه‌های سال می‌باشد. حال پس از به دست آوردن میانگین دمای سطح زمین ماهیانه برای هر یک از ۶۲۲۵۸ یاخته این مقادیر به همراه مشخصه‌های طول و عرض جغرافیایی که در زمان رمزگشایی داده به‌دست‌آمده‌اند وارد نرم‌افزار ARCMAP شدند و پهنه‌بندی دمای سطح زمین با استفاده از روش زمین‌آمار کریجینگ انجام‌شده است، کاربست روش حاضر به‌واسطه کمترین خطا گزینش‌شده است(شایان‌ذکر است با توجه به اینکه داده‌های یاخته ایی نامبرده از تفکیک مناسبی برخوردار هستند می‌توان از روش درون‌یابی نیز استفاده نکرد و خود مقادیر یاخته‌ها را با طبقه‌بندی به نمایش گذاشت لذا ازآن جایی که در این روش فاصله ۵ کیلومتری بین یاخته‌ها در نظر گرفته نمی‌شود و به لحاظ شکل شناسی نیز چندان مناسب نخواهد بود در این پژوهش از روش درون‌یابی برای ارائه بهتر نقشه‌ها استفاده شد).

نتایج و بحث

الف)- تحلیل زمانی دمای شب‌هنگام

جدول ۱ برخی از رفتارهای آماری دمای شب‌هنگام سطح زمین ایران‌زمین را مبتنی برونداد داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس برای دوره زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ را ارائه داده است. بر اساس نتایج؛ دمای شب‌هنگام سطح زمین ۸ ماه از سال در ایران‌زمین منفی است. ژانویه با ۱۹/۴۱- کمینه دمای درون سالی ایران را به خود اختصاص داده است. به‌غیراز دو ماه ژانویه و فوریه بقیه ماه‌های سال دمای بیشینه‌شان بیشتر از ۲۰ درجه سلسیوس است که بیشینه آن نیز ۳۴/۷۲ درجه سلسیوس متعلق به ماه آگوست است. دامنه دگردیسی دمای شب‌هنگام سطح زمین ایران بسیار بالاست به‌طوری‌که برای تمامی ماه‌های سال این مقدار بالای ۳۰ درجه سلسیوس است. دسامبر با ۳۸/۸۲ درجه سلسیوس بیشینه مقدار دامنه دمایی شب‌هنگام را به خود اختصاص داده است. اگر چارک اول را گرانیگاه آماری کانون‌های بسیار سرد دمای سطح زمین شب‌هنگام ایران در نظر گرفته شود پیداست که در ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر یک‌چهارم از مساحت کشور دمایی کمتر از ۳/۸۳- ، ۱/۵۳- و ۲/۵۰- درجه سلسیوس دارند. حال با در نظر گرفتن چارک سوم به‌عنوان گرانیگاه آماری کانون‌های گرم دمای سطح زمین شب‌هنگام کشور می‌توان گفت در سه ماه نامبرده سه‌چهارم از مساحت کل کشور دمایی حدود کمتر از ۵ درجه سلسیوس دارند. یک‌چهارم از مساحت کشور در ۵ ماه دوره گرم سال از ماه می تا سپتامبر دمای بیش از ۲۳ درجه سلسیوس دارند. اگر نموداری از میانگین دمای سطح زمین شب‌هنگام ایران ترسیم شود این نمودار حالتی زنگ گونه به خود خواهد گرفت به‌طوری‌که ماه‌های ژانویه، دسامبر، فوریه، مارس، نوامبر، آوریل، اکتبر، می، ژوئن، آگوست و ژولای به ترتیب ذکرشده دمایشان افزایش می‌یابد.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

جدول۱- برخی از مشخصات آماری دمای سطح زمین شب‌هنگام ایران

ماه	دمای کمینه	دمای بیشینه	دامنه تغییرات	چارک اول	چارک سوم	میانگین
ژانویه	-۱۹/۴۱	۱۷/۶۹	۳۷/۰۹	-۳/۸۳	۴/۴۱	۰/۲۸
فوریه	-۱۸/۷۱	۱۸/۹۸	۳۷/۶۹	-۱/۵۳	۷/۲۱	۲/۸۱
مارس	-۱۵/۹۴	۲۲/۵۳	۳۸/۴۷	۲/۸۵	۱۱/۸۶	۷/۳۰
آوریل	-۱۰/۴۷	۲۷/۱۵	۳۷/۶۲	۷/۸۴	۱۷/۲۱	۱۲/۴۵
می	-۵/۰۷	۳۱/۸۱	۳۶/۸۸	۱۳/۷۹	۲۳/۲۰	۱۸/۳۴
ژوئن	۰/۸۸	۳۳/۲۲	۳۲/۳۴	۱۸/۹۸	۲۷/۰۵	۲۲/۸۴
ماه	دمای کمینه	دمای بیشینه	دامنه تغییرات	چارک اول	چارک سوم	میانگین
ژولای	۴/۶۱	۳۴/۹۷	۳۰/۳۶	۲۱/۳۷	۲۸/۲۷	۲۴/۶۲
آگوست	۴/۵۳	۳۴/۷۲	۳۰/۱۹	۲۰/۶۸	۲۷/۲۲	۲۳/۸۵
سپتامبر	۰/۳۷	۳۱/۴۷	۳۱/۱۰	۱۶/۶۱	۲۳/۶۱	۲۰/۰۹
اکتبر	-۶/۱۵	۲۸/۹۴	۳۵/۰۹	۱۰/۴۶	۱۸/۳۵	۱۴/۴۲
نوامبر	-۱۳/۱۵	۲۵/۶۳	۳۸/۷۸	۳/۹۷	۱۲/۲۵	۸/۱۴
دسامبر	-۱۷/۷۰	۲۱/۱۲	۳۸/۸۲	-۲/۵۰	۵/۵۸	۱/۵۵

جدول ۲ همبستگی دمای سطح زمین شب‌هنگام ایران را با مشخصه‌های ارتفاع طول و عرض جغرافیایی را ارائه داده است. همان‌طور که پیداست بیشینه همبستگی متعلق به ارتفاع پس‌ازآن عرض جغرافیایی و سپس طول جغرافیایی است. بیشینه همبستگی دمای سطح زمین شب‌هنگام ایران با ارتفاع در ماه آگوست با ۰/۷۲۷- رخ‌داده است و کمینه مقدار همبستگی دمای سطح زمین شب‌هنگام ایران با ارتفاع نیز با مقدار ۰/۶۷۶- در ماه آوریل اتفاق افتاده است. لذا یک رابطه منفی قوی بین دمای سطح زمین شب‌هنگام ایران‌زمین با ارتفاع در ایران وجود دارد. از سوی دیگر بیشینه و کمینه همبستگی دمای سطح زمین شب‌هنگام ایران‌زمین با عرض جغرافیایی متعلق به ماه‌های نوامبر و آگوست است.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

جدول ۲- همبستگی دمای سطح زمین شب‌هنگام ایران با ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن
ارتفاع	-۰/۶۸۷	-۰/۶۹۴	-۰/۶۸۱	-۰/۶۷۶	-۰/۶۹۱	-۰/۷۰۷
طول جغرافیایی	۰/۴۶۵	۰/۴۸۹	۰/۵۰۲	۰/۵۴۴	۰/۵۱۴	۰/۴۰۴
عرض جغرافیایی	-۰/۷۵۳	-۰/۷۳۹	-۰/۷۵۰	-۰/۷۳۶	-۰/۷۱۷	-۰/۶۴۵
ماه	ژولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
ارتفاع	-۰/۶۹۸	-۰/۷۲۷	-۰/۷۱۸	-۰/۷۰۰	-۰/۶۸۷	-۰/۶۸۱
طول جغرافیایی	۰/۳۰۸	۰/۲۴۰	۰/۲۹۱	۰/۳۷۲	۰/۴۴۴	۰/۴۲۵
عرض جغرافیایی	-۰/۵۴۴	-۰/۵۳۷	-۰/۶۵۴	-۰/۷۳۲	-۰/۷۶۶	-۰/۷۶۱

ب) تحلیل مکانی دمای شب‌هنگام سطح زمین

توزیع مکانی دمای شب‌هنگام سطح زمین ایران‌زمین در ماه ژانویه در شکل (۱-الف) مشخص‌شده است. در این ماه از سال، کمینه دمای سطح زمین در ایران رخ می‌دهد. دمای شب‌هنگام سطح زمین در این ماه در نواحی مرتفع غرب، شمال و شمال غرب به ۱۹- درجه سلسیوس می‌رسد. با توجه به رخداد انقلاب زمستانی در نیمکره شمالی، تقریباً بیشترین نواحی بام ایران دمای سطح زمین نزدیک صفر و پایین‌تر از صفر درجه سلسیوس را تجربه می‌نمایند. شدت دمای سطح زمین در شب‌هنگام به دلیل پس داد تابش زمینی بر نواحی مرتفع زاگرس، منطقه شمال غرب، البرز مرکزی و خراسان رضوی و شمالی مشاهده می‌شود. نواحی نیمه جنوبی در محدوده استان‌های مجاور خلیج‌فارس و دریای عمان و لوت جنوبی، دمای سطح زمین در شب‌هنگام از ۵ تا ۱۷ درجه سلسیوس بالای صفر متغیر می‌باشد. گستردگی ایران‌زمین و توزیع ناهمواری‌ها رفتار دمای سطح زمین شب‌هنگام را به‌شدت متغیر ساخته و تفاوت‌های دمایی شب‌هنگام سطح زمین، در جای‌جای ایران‌زمین مشهود می‌باشد. در این ماه، بیش از ۸۰ درصد از مساحت ایران به‌تناسب موقعیت جغرافیایی و شرایط ناهمواری‌ها، دماهای زیر صفر درجه را در شب‌هنگام در سطح زمین تجربه می‌کنند.

توزیع دمای شب‌هنگام ماه فوریه در شکل (۱-ب) مشخص‌شده است. در این ماه از وسعت مناطق با دمای سطح زمین شب‌هنگام زیر صفر درجه سلسیوس کاسته می‌شود. سردترین دماهای سطح زمین شب‌هنگام همچنان در مناطق زاگرس مرتفع، آذربایجان‌ها و البرز مرکزی و خراسان شمالی از ۵- تا ۱۸- درجه سلسیوس رخ می‌دهد. گرم‌ترین مناطق در حاشیه دریای عمان در نوار جنوبی کشور با دمای ۱۵ تا ۱۹ رخ می‌دهد.

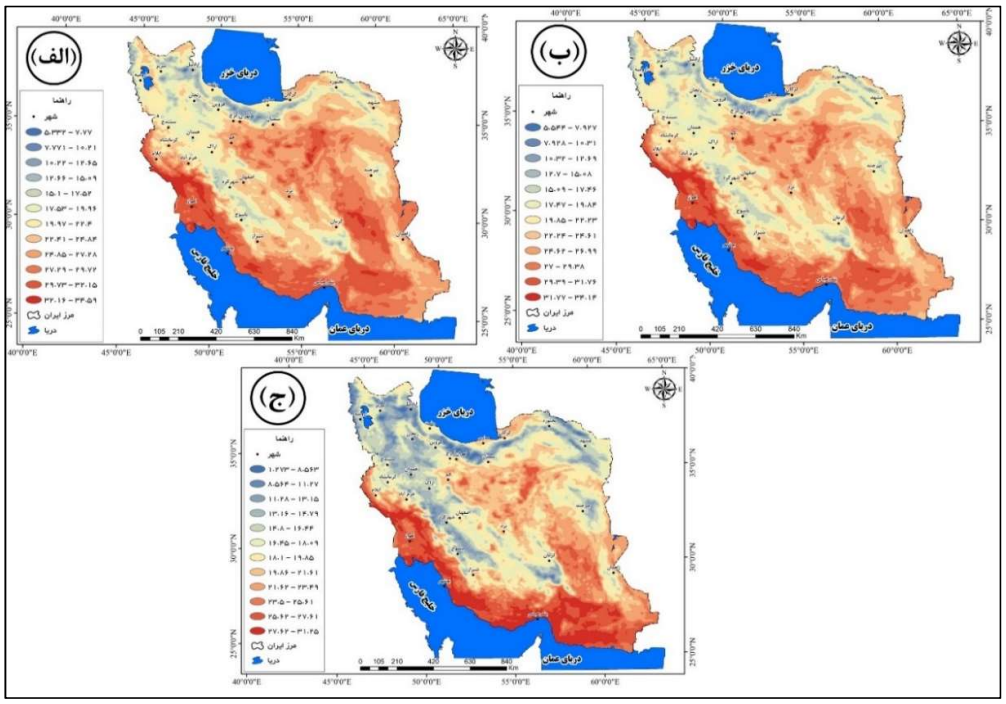
توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین در ماه مارس در شکل ۱-ج مشخص‌شده است. در این ماه با توجه به گذر فصلی، از شدت دمای سطح زمین شب‌هنگام کاسته می‌شود به‌طوری‌که سردترین مناطق، دمایی تا ۱۵- درجه سلسیوس را تجربه می‌کنند و از طرفی دیگر در مناطق با عرض‌های پایین‌تر و مجاور دریا، دمای شب‌هنگام سطح زمین تا ۲۲ درجه سلسیوس نیز افزایش می‌یابد. نواحی مرکزی و کم ارتفاع نیمه جنوبی دمای شب‌هنگام بالاتر از ۳ درجه سلسیوس تا ۲۲ درجه به‌تناسب موقعیت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا رخ می‌دهد. کانون سردترین نواحی در آذربایجان شرقی، زنجان، شهرکرد، مازندران و تهران و چهارمحال و بختیاری قرار دارد.

با توجه به نتایج، رژیم دمای شب‌هنگام سطح زمین ایران قاره‌ایی است. مسعودیان (۱۳۹۰) در مطالعه آب‌وهوای ایران در تعریف رژیم قاره‌ایی برای دمای ایران ابراز داشته است که دمای هوا در ایران بشدت تابع ارتفاع، عرض جغرافیایی و محتوای رطوبتی هواسپهر است وی ضمن نقش پرفشار جنب حاره در دوره گرم سال و حاکمیت پرفشار سیبری در دوره سرد سال به‌ویژه

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

در شمال شرق و اثر گلخانه ایی بخارآب و نقش آن در مناطق مختلف ایران وجود یک رژیم قاره‌ایی را برای ایران اثبات کرده است. الگوی دگرگونی مکانی دمای شب‌هنگام سطح زمین در ماه‌های سرد و بسیار سرد زمستانی نامنسجم‌تر از ایام گرم سال می‌باشد. وجود رژیم دمایی قاره‌ایی موجب اختلاف دمایی و نوسانات مکانی بالا در گستره ایران شده است به‌طوری‌که حتی در سردترین ماه، بین گرم‌ترین و سردترین مناطق، بیش از ۲۰ درجه دگردیسی وجود دارد. الگو و ساختار دمای شب‌هنگام سطح زمین در ماه‌های سرد نشان داد که دگرگونی فضایی دمای شب‌هنگام سطح زمین از ارتفاعات و عامل عرض جغرافیایی تبعیت می‌نماید.



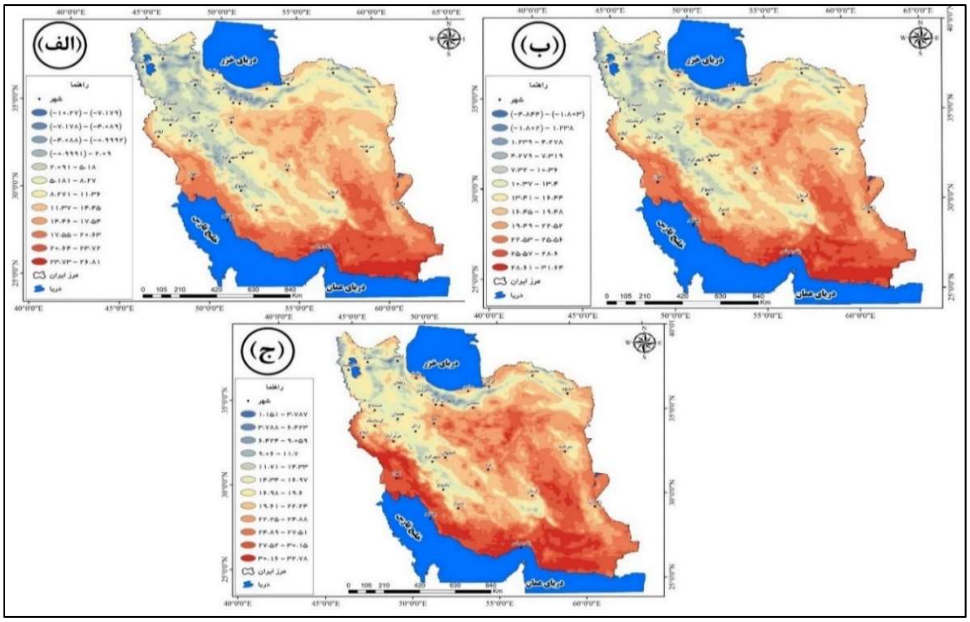
شکل ۱- الف) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه ژانویه، ب) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه فوریه
ج) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه مارس

توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین آوریل در شکل ۲-الف مشخص‌شده است. در این ماه با شروع افزایش دمای تدریجی سطح زمین در شب‌هنگام آشکار می‌گردد. مناطق سرد در مناطق مرتفع البرز و زاگرس و نواحی شمال خراسان مشاهده می‌شود و شدت دمای شب‌هنگام سطح زمین در سردترین حالت به ۱۰- درجه سلسیوس می‌رسد. ۵-۴ درجه سلسیوس افت دما مشاهده می‌شود. در این ماه محدوده نواحی با دمای شب‌هنگام گرم به عرض‌های بالاتر کشیده می‌شود و بخش‌های بیشتری از نواحی مرکزی با دماهای گرم شب‌هنگام مواجه می‌شوند. در این ماه از سال، نواحی و استان‌های نوار جنوبی دماهای بالاتر از ۲۰ درجه سلسیوس را در شب تجربه می‌کنند که در شدیدترین حالت، دمای ۲۶ درجه سلسیوس در جنوب استان هرمزگان و سیستان و بلوچستان رخ می‌دهد. دمای استان‌های واقع در نیمه جنوبی در این ماه از آسایش نسبتاً مناسبی برای انسان برخوردار هستند و در ماه‌های گرم آتی به‌تدریج خارج از محدوده آسایش انسانی قرار می‌گیرند.

توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین ماه می ایران‌زمین در شکل ۲-ب مشخص‌شده است. در این ماه از سال روند تدریجی افزایش دمای شب‌هنگام سطح زمین افزایش بیشتری می‌یابد. به‌طوری‌که در مناطق سردسیر و مرتفع دمای شب‌هنگام سطح زمین از ۴- تا ۷ درجه سلسیوس در نوسان است. سردترین نواحی در مناطق اردبیل و آذربایجان و البرز مرکزی رخ می‌دهد. از طرفی دیگر دمای شب‌هنگام در عرض‌های جنوبی ۳۱ درجه سلسیوس در نوار جنوبی حاشیه دریای عمان می‌رسد. وسعت دماهای

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

شب‌هنگام بیش از ۱۸ درجه سلسیوس بیشتر شده است. استان‌های نوار ساحلی با دمای بالاتر از ۲۵ درجه سلسیوس از دمای شب‌هنگام گرم‌تری برخوردار می‌باشند (دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سلسیوس روز گرم و دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سلسیوس روز داغ محسوب می‌شوند). الگوی مکانی دمای شب‌هنگام سطح زمین در ماه‌های آوریل و می مصادف با فصل بهار و آغاز گلدهی درختان میوه برای مدیریت زراعی و باغی از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. در مناطق کوهستانی و عرض‌های بالاتر ایران که درختان خشک و سردسیری اکثراً در این ماه‌ها گل می‌دهند. شناخت از این الگوی مکانی دمای شب‌هنگام سطح زمین می‌تواند در ارائه راه‌کارهای کوتاه‌مدت از طریق فعالیت‌های گرمازایی و بلندمدت از طریق انتخاب واریته‌های مقاوم و سازگار، تنش حوادث قهری مانند سرما و یخبندان شب‌هنگام را کاهش دهند. توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین در ماه ژوئن در شکل ۲-ج مشخص‌شده است. در این ماه از سال به‌عنوان آغاز فصل تابستان در تقویم ملی، دماها حتی در مناطق مرتفع و سردسیر بالاتر از صفر درجه سلسیوس رخ می‌دهند. بیشتر بام ایران با دماهای شب‌هنگام سطح زمین گرم مواجه شده و فقط مناطق محدودی در زاگرس مرتفع و البرز و شمال غرب دارای شرایط خنکایی در سطح زمین برخوردار هستند. در بیش از ۶۰ درصد گستره ایران‌زمین دمای شب‌هنگام در این ماه از سال به‌عنوان پهنه‌های گرم محسوب می‌شود و این مدیریت منابع انرژی در جهت برق مصرفی و انرژی موردنیاز برای خنکایی و تعدیل دمای گرم شب‌هنگام اهمیت دارد. دمای شب‌هنگام در سطح زمین در مناطق جنوبی به‌خصوص حاشیه دریای عمان تا ۳۲ درجه سلسیوس می‌رسد. با این وضعیت دمای شب‌هنگام در سطح زمین، مدیریت جدی منابع انرژی در جهت آسایش انسانی برای این مناطق بسیار اهمیت دارد.



شکل ۲- الف) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه آوریل، ب) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه می ج) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه ژوئن

توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین در ماه جولای در شکل ۳-الف مشخص‌شده است. در این ماه به‌عنوان گرم‌ترین ماه سال، بیشتر گستره ایران‌زمین دماهای گرم شب‌هنگام را تجربه می‌کنند و خنکایی شب‌هنگام منطبق بر نواحی مرتفع زاگرس مرکزی و البرز و اردبیل و شمال خراسان می‌باشد. در این ماه کانون گرم‌ترین نواحی از حاشیه دریای عمان به کویر لوت جنوبی و شمال خوزستان و

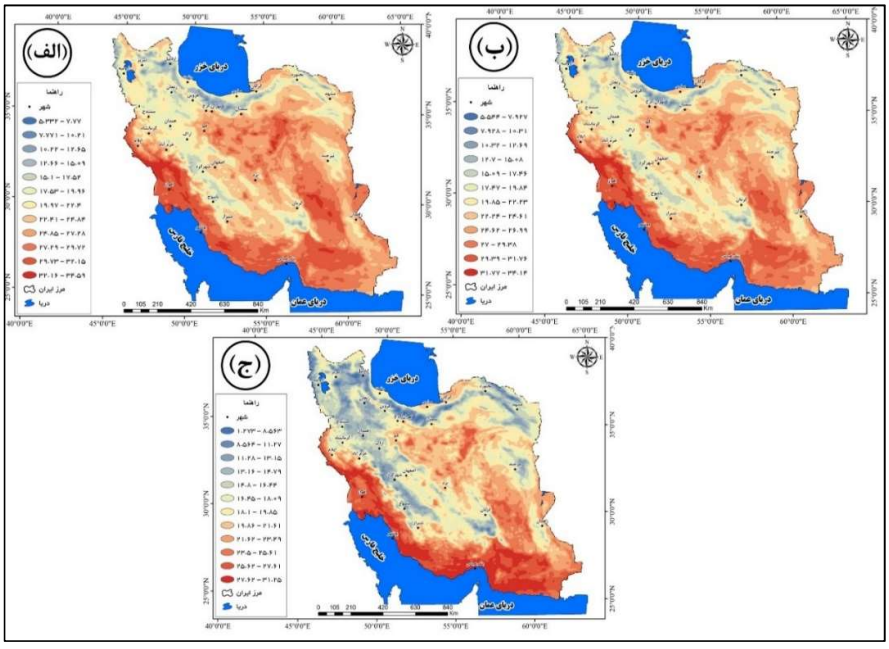
جنوب استان ایلام، دهلران کشیده شده است. در این نواحی دمای شب‌هنگام در سطح زمین تا ۳۴ درجه سلسیوس رخ می‌دهد.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین در شکل ۳-ب مشخص‌شده است. در این ماه از سال تقریباً بیشتر گستره کشور با دماهای گرم شب‌هنگام سطح زمین همراه می‌باشد و فقط در ارتفاعات البرز و زاگرس دماهای خنک شب‌هنگام از ۱۲ تا ۷ درجه سلسیوس بالای صفر مشاهده می‌شود. از مناطق کوهپایه‌ای مناطق کوهستانی دمای شب‌هنگام سطح زمین از ۱۹ درجه سلسیوس به‌تدریج به سمت نواحی پست مرکزی و نیمه جنوبی دمای شب‌هنگام سطح زمین به ۳۴ درجه سلسیوس می‌رسد. کانون گرم‌ترین ناحیه کشور در این ماه از سال در شب در شمال استان خوزستان و جنوب استان ایلام منطقه دهلران و اهواز، بوشهر و نواحی از کویر مرکزی و لوت مرکزی قرار دارد. پهنه گرم‌ترین ناحیه در منطقه خوزستان قابل‌توجه‌تر می‌باشد. در این ماه بین خنک‌ترین و گرم‌ترین مناطق ۳۰ درجه سلسیوس اختلاف وجود دارد. مدیریت بهینه انرژی در بیشتر استان‌ها حائز اهمیت می‌باشد. الگوی دگرگونی مکانی دمای شب‌هنگام سطح زمین در ماه‌های بسیار گرم نشان می‌دهد که نوسانات دمایی در ماه‌های گرم منسجم‌تر از ماه‌های سرد است که ناشی از سرشت سامانه آب و هوایی ایران است. مطالعات مسعودیان (۱۳۹۰) نشان داده است که آب هوا در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت نوسان می‌کند و در مقیاس زمانی بلندمدت تغییر می‌پذیرد و نوسان و تغییر در نهاد سامانه آب و هوایی ویژگی سرشتی آن است. با توجه به وضعیت کانون‌های گرمایی در عرض‌های جنوبی به‌خصوص جنوب غرب ایران، بهینه‌سازی مصرف انرژی حائز اهمیت می‌باشد.

توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین در ماه سپتامبر در شکل ۳-ج مشخص‌شده است. در این ماه با توجه به جابجایی فصول، دگرگونی دمایی سریعاً روند کاهشی پیداکرده است. بر محدوده مناطق با دمای سرد و خنک افزوده می‌شود. در این ماه به‌تدریج از شدت گرمای شب‌هنگام سطح زمین در نواحی گرمسیر کاسته می‌شود. در نواحی خنک و سرد نیز دمای شب‌هنگام رو به سردی هوا گرایش پیدا می‌کند. در این ماه اختلاف دمای شب‌هنگام سطح زمین بین مناطق سرد و خنک و مناطق گرم به ۲۳ درجه سلسیوس می‌رسد.



شکل ۳- الف) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه ژولای، ب) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه آگوست ج) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه سپتامبر

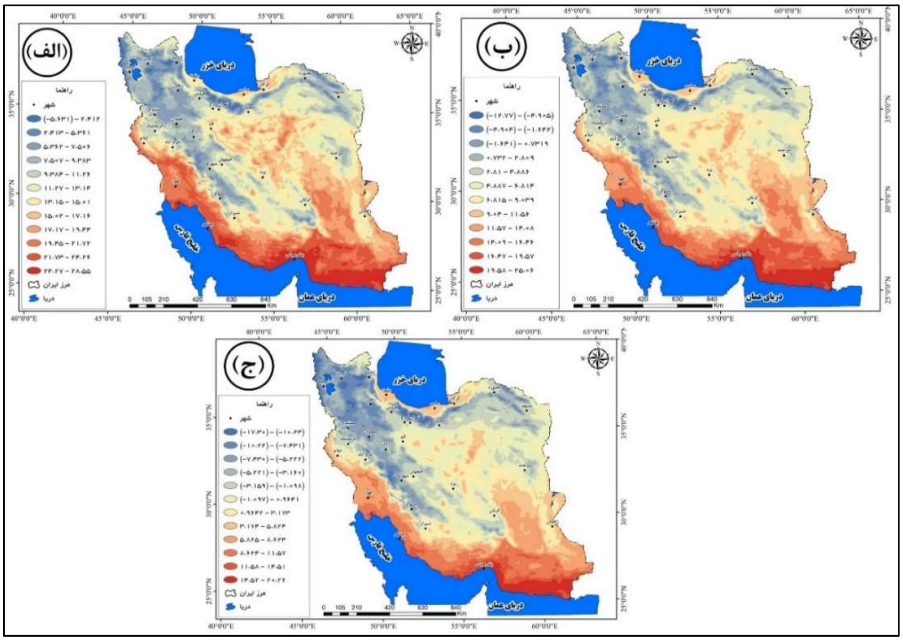
توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین ماه اکتبر در شکل۴-الف مشخص‌شده است. در این ماه به‌عنوان آغاز فصل پاییز، دمای

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]
[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

شب‌هنگام در مناطق مرتفع و کوهستانی به‌تدریج به زیر صفر درجه سلسیوس گرایش پیدا می‌کند. در این ماه با توجه دگرگونی فصلی، اختلاف دمای شب‌هنگام سطح زمین بین مناطق گرم و سرد به‌تدریج کمتر می‌شود. گستره مناطق گرم، همچنان در استان‌های جنوبی و به‌خصوص خوزستان و مناطق کویری مرکزی و جنوبی مستقر می‌باشد. دمای هوا در نواحی شمالی و مرتفع تا ۵- درجه سلسیوس در شب‌هنگام در سطح زمین کاهش پیدا می‌کند. این شرایط، آمادگی سازمان‌ها و نهادهای راهداری، مدیریت انرژی و کشاورزی ازنظر حفاظت از باغات و میوه‌های پاییزه در عرض‌های شمالی و کوهستانی را ایجاب می‌سازد.

توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین نوامبر در شکل ۴-ب مشخص‌شده است. در این ماه دمای هوا در مناطق سردسیر به ۱۲- درجه سلسیوس افت می‌یابد. همچنان نواحی سرد منطبق بر رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس و شمال خراسان می‌باشد. در این ماه کانون گرم‌ترین دمای شب‌هنگام از شمال خلیج‌فارس به حاشیه و مجاور دریای عمان در محدوده جغرافیایی سیستان و بلوچستان و هرمزگان کشیده می‌شود. دمای هوا در نواحی ساحلی به ۲۵ درجه سلسیوس در شب دارد.

توزیع دمای شب‌هنگام سطح زمین در ماه‌های سرد سال در شکل‌های ۴-ج مشخص‌شده است. برونداد سنجنده مودیس نشان داد که در ماه‌های دسامبر و ژانویه، سردترین دمای شب‌هنگام در سطح زمین رخ می‌دهد. در ماه دسامبر با شروع دوره سرما بر ایران‌زمین، دماهای زیر صفر درجه سلسیوس منطبق بر محور ناهمواری‌ها و رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس، کوه‌های شمال خراسان و آذربایجان می‌باشد. شدت سرما در ماه دسامبر تا ۱۷- درجه سلسیوس در شب‌هنگام بر چکاد البرز مرکزی، زاگرس مرتفع و آذربایجان مشاهده می‌شود. بعد از ستیغ رشته‌کوه‌های مرتفع، نواحی نسبتاً مرتفع و حاشیه رشته‌کوه‌ها کانون اصلی سرمای شب‌هنگام سطح زمین محسوب می‌شوند. با توجه به گستره ایران‌زمین، در این ماه از سال در نوار جنوبی و حاشیه دریای عمان و لوت جنوبی، دمای هوا در شب‌هنگام به ۲۰ درجه سلسیوس می‌رسد. گستردگی جغرافیایی و تنوع مکانی باعث شده که رفتار دمای شب‌هنگام از اختلاف بالایی برخوردار باشد. بیش از ۷۰ درصد کشور در ماه دسامبر دمای بالاتر از صفر درجه سلسیوس و در استان‌های نوار جنوبی از خوزستان تا سیستان و بلوچستان دمای هوا از ۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس متغیر می‌باشد.



شکل ۴- الف) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه اکتبر، ب) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه نوامبر، ج) دمای سطح زمین شب‌هنگام ماه دسامبر

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/georesearch.33.1.174]

واکاوی تصاویر سنجنده مودیس از ایران‌زمین در شب‌هنگام نشان داد که رفتار دمای شب‌هنگام در سطح زمین از گستردگی عرضی ایران‌زمین و الگوی ناهمواری‌ها تأثیر می‌پذیرد. از این حیث می‌توان پذیرفت که دگرگونی دمایی سطح زمین ایران‌زمین در شب‌هنگام بسیار زیاد است. در نیمه سرد سال از آوریل، دسامبر تا انتهای مارس، سردترین ماه در ژانویه و فوریه رخ می‌دهد و نواحی غربی، شمالی، شمال غرب و شمال شرق بیشترین سرماها را تجربه می‌کنند. از ماه دسامبر دماهای شب‌هنگام سطح زمین به‌تدریج تا ۱۹- درجه سلسیوس در سطح زمین در شب‌هنگام افت پیدا می‌کند و در اواخر ماه مارس این سرماهای شب‌هنگام کاهش پیدا می‌کنند. از ماه می به‌تدریج ایران‌زمین دمای شب‌هنگام سطح زمین در آن، تمایل به افزایش پیدا می‌کند و فقط مناطق مرتفع زاگرس و البرز و شمال غرب از دمای شب‌هنگام خنک‌تری برخوردار هستند. در تمام ماه‌های سال نوار جنوبی حاشیه دریای عمان در جنوب استان سیستان و بلوچستان و هرمزگان گرم‌ترین نواحی ازلحاظ دمای شب‌هنگام سطح زمین بوده‌اند، اما در ماه‌های گرم از ژوئن،کانون این گرمای شب‌هنگام در سطح زمین به نواحی شمال خلیج‌فارس، خوزستان و کویر مرکزی ایران کشیده می‌شود. درواقع در فصل تابستان مناطق مرکزی و جنوبی کویر لوت و سپس منطقه خوزستان گرم‌ترین نواحی ایران‌زمین محسوب می‌شوند.

دگرگونی دمای شب‌هنگام در سطح زمین در ماه‌های سرد از جنوب به شمال و از شرق به غرب کاهش بیشتری می‌یابد. در ماه‌های گرم سال از شمال به جنوب و از غرب به شرق افزایش بیشتری در آن رخ می‌دهد. این شرایط آشکار نمود که هرچند دمای هوا در بعد اولیه متأثر از وضعیت حرکت زمین به دور خورشید و پیدایش فصول و سپس تابش طول‌موج کوتاه بستگی دارد، اما این شرایط مکانی در بعد محلی است که رفتار دما را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد. مثلاً در دل کویر مرکزی ایران‌زمین به یمن ارتفاعات منطقه کرمان، شرایط خنکایی شب‌هنگام مشاهده می‌شود، که مطالعات مسعودیان (۱۳۹۰) در بررسی وضعیت آب و هوایی ایران و ساختار دمای ایران نیز مؤید این مطلب می‌باشد.

نتایج حاصله از این نوشتار برای مدیریت و بهینه‌سازی مصرف انرژی در طول سال در وهله اول حائز اهمیت می‌باشد. در چهار ماه نخست سال بر اساس تقویم میلادی، ایران‌زمین نیاز مبرم و وافر به انرژی خصوصاً گاز برای اشتراکات خانگی و مصارف صنعتی با توجه به سرمای شب‌هنگام سطح زمین دارد. البته لازم به ذکر است که باوجود جریانات بیرونی در ایام سرد سال مانند الگوهای سرد چال و سرماهای فرا رفتی، دماهای شب‌هنگام سطح زمین به میزان زیادی در نواحی سردسیر افت کند که این شرایط فشار زیادی به وضعیت مصرف انرژی وارد می‌سازد. در پنج ماه سال نیز نیاز به مصرف برق برای سرما سازی در شب‌هنگام در جهت آسایش ساکنان مناطق مختلف کشور، به‌خصوص نیمه جنوبی حائز اهمیت می‌باشد. در نواحی ساحلی از ماه می و عرض‌های مرکزی از ماه ژوئن نیاز به انرژی برق برای خنکایی دمای محیط افزایش چشم‌گیری می‌یابد که لازم است وزارت نیرو در این زمینه مدیریت بهینه‌سازی و تأمین منابع را در دستور کار اجرایی قرار بدهد.

هرچند مطالعات مختلف در کشور از مطالعات علیجانی (۱۳۸۹) تا حال حاضر، هرکدام وضعیت دمایی کشور و همچنین دگرگونی دمایی و آسایش و عدم آسایش را بررسی نموده‌اند، اما بیشتر تحقیقات مبتنی بر پیمونگاه‌های هواشناسی کشور به‌صورت محدود بوده است که پراکنش مناسبی هم از کشور ارائه نمی‌دهند. دگرگونی دمایی به حدی به وضعیت مکانی هر منطقه حساس است که تراکم پیمونگاه‌های هواشناسی کشور به‌طور دقیق نمی‌تواند گویای دگرگونی دمای شب‌هنگام در کشور باشد، تصاویر ماهواره‌ای و سنجنده مودیس به‌عنوان فن‌آوری‌های نوظهور در آب و هواشناسی نوین، به‌خوبی در این زمینه خلأ کمبود پیمونگاه‌های هواشناسی را پوشش می‌دهد.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

بررسی‌ها نشان داد در نیمه جنوبی ایران فقط از ماه دسامبر تا فوریه شرایط خنکایی شب‌هنگام برای سطح زمین وجود دارد و در ۹ ماه دیگر سال شرایط گرم و داغ رخ می‌دهد و نیاز به سرما سازی دمای محیط برای آسایش و تعدیل هوا، ضروری می‌باشد. برونداد سنجنده مودیس، الگوی وضعیت دمای شب‌هنگام سطح زمین در تمام سال در این منطقه گرم کشور را فراهم نموده است.

ازآنجایی‌که ایران یکی از کشورهای صادرکننده انواع میوه‌ها می‌باشد، لذا سنجه آب و هوایی دمای سطح زمین در این زمینه حیاتی می‌باشد. دمای شب‌هنگام سطح زمین یکی از مهم‌ترین سنجه‌های آب و هوایی در رشد و نمو و فعالیت‌های زراعی و باغی محسوب می‌شود. در فصول بهار و پاییز به ترتیب هم‌زمان با شکوفه دهی و برداشت محصولات، آگاهی از وضعیت دمای شب‌هنگام سطح زمین حائز اهمیت است. تنوع دمایی در حالت اولیه در ارائه الگوی فضایی برای برنامه‌ریزی فضایی و کشت ارقام سازگار با شرایط دمایی و آب هوایی مناطق مختلف کشور حائز اهمیت ساخته است. در فصل پاییز به‌خصوص ماه‌های اکتبر و نوامبر که هم‌زمان است با برداشت میوه‌های پاییزی و سردسیر، آگاهی و الگوی دمای شب‌هنگام سطح زمین در جهت برنامه‌ریزی برای مقابله با حوادث قهری مثل سرما و یخبندان و همچنین برنامه‌ریزی برداشت از کاربرد بالایی برخوردار می‌باشد. کشاورزان و مروجان بخش کشاورزی با مشاهده الگوهای فضایی دمای سطح زمین در شب‌هنگام می‌توانند به‌راحتی برنامه کوتاه‌مدت و بلندمدت خود را در جهت اعمال فعالیت‌های زراعی و باغی مناسب تنظیم نمایند.

نتیجه‌گیری

دمای شب‌هنگام سطح زمین ایران بر اساس برونداد فرآورده سنجنده مودیس در نوشتار حاضر بررسی شد. نتایج نشان داد که کمینه دمای شب‌هنگام در سطح زمین ازنظر زمانی در ماه‌های دسامبر تا فوریه رخ می‌دهد و تا ۲۰- درجه سلسیوس می‌رسد. ازنظر مکانی سردترین دماهای شب‌هنگام سطح زمین منطبق بر ارتفاعات و روند ناهمواری‌های گستره بام ایران به‌خصوص نیمه غربی، شمالی و شمال غرب و شمال خراسانات (شمالی، جنوبی، رضوی) می‌باشد. ماه سپتامبر واسطه دِگرش دمای شب‌هنگام سطح زمین دوره گرم سال به دوره سرد سال است و ماه مارس واسطه بین دِگرش دوره سرد سال به دوره گرم سال محسوب می‌شود. با توجه به گسترده زیاد عرضی ایران‌زمین، کانونی از دماهای گرم شب‌هنگام سطح زمین در تمام ماه‌های مختلف سال قابل‌مشاهده است. ازنظر زمانی این دماهای گرم از آوریل در منطقه شروع‌شده و تا سپتامبر بر مناطق گرمسیری حکم‌فرمایی می‌کنند. ازنظر مکانی کانون این دماهای گرم شب‌هنگام سطح زمین‌بر نواحی پست مرکزی استان‌های جنوبی و نوار ساحلی قرارگرفته است. در ماه‌های بسیار گرم ایام تابستان کانون گرم‌ترین نواحی ایران به مناطق جنوب غربی در شمال خلیج‌فارس خوزستان و منطقه دهلران و کویر لوت مرکزی کشیده می‌شود، در دیگر ماه‌های سال کانون گرم‌ترین مناطق کشور در منطقه ساحلی مجاور دریای عمان در حوزه سیستان و بلوچستان و هرمزگان قرار می‌گیرد. پهنه‌هایی دمایی شب‌هنگام سطح زمین ایران در سطح کلان با نتایج مرادی و همکاران (a۱۳۹۵) که به پهنه‌بندی دمای سطح زمین ایران با داده‌های مودیس پرداختند همخوانی دارد.

رژیم دمایی قاره‌ای بر دمای شب‌هنگام سطح زمین حاکم است و در اثر این رژیم دمایی نوسانات دمایی زیاد است که با مطالعات مسعودیان (۱۳۹۰) همخوانی دارد. الگوی دگرگونی مکانی دمای شب‌هنگام سطح زمین در ایام گرم سال منسجم‌تر به نظر می‌رسد. با این نتایج می‌توان بیان نمود که تنوع دمای شب‌هنگام سطح زمین در ایران‌زمین زیاد است، به دلیل تأثیرپذیری سنجه دما از شرایط مکانی، رفتار دمای شب‌هنگام سطح زمین به‌شدت متغیر است و تابع شرایط محلی هر منطقه می‌باشد. ارتفاعات و ناهمواری‌ها همچنان عامل مؤثری در شکل‌گیری وضعیت و میزان دمای سطح زمین شب‌هنگام در ایران‌زمین محسوب می‌شوند. این تنوع مکانی و دمایی در سطح زمین در شب‌هنگام ، ایران را تبدیل به یک کشور با تنوع دمایی بالا کرده است. دگردیسی بیشتر پهنه دمایی سرد در دوره سرد سال و دگردیسی کمتر پهنه گرم در دوره گرم سال برای دمای شب‌هنگام سطح زمین ایران

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

توسط مرادی و همکاران (a۱۳۹۵) نیز مورد اثبات قرارگرفته است. همچنین مرادی و همکاران (b۱۳۹۵) به نقش ناهمواری‌ها و پهنه‌های آبی در دگرگونی شیب دمای سطح زمین روز هنگام ایران با استفاده داده‌های مودیس اشاره‌کرده‌اند.

دگرگونی مکانی دمای سطح زمین در ایران نشان داده است که مؤلفه‌های جغرافیایی مکان و عوامل بیوفیزیکی سطح نقش تعیین‌کننده ایی در دگرگونی دمای سطح زمین‌دارند. نتیجه حاضر با نتایج بچتل (۲۰۱۵) که دمای سطح زمین را در سطح جهانی پایش کرده و به این نتیجه کلی دست‌یافته که شرایط آب و هوایی، پوشش زمین، فنولوژی پوشش گیاهی و اثرات زمین‌شناسی و انسانی نقش تعیین‌کننده‌ای در دگرگونی دمای سطح زمین‌دارند همخوانی دارد. همچنین در سطح کشور نیز که احمدی و داداشی رودباری (۱۳۹۵) آثار ترکیبات بیوفیزیکی را شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری در مشهد با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ مطالعه کردند نتایج مطالعه حاضر را در خصوص نقش پارامترهای سطح در تغییر دمای سطح زمین را تأیید می‌نماید.

کاربست تصاویر ماهواره ایی به دلیل یکپارچگی و وسیع بودن آن‌ها و امکان تهیه پوشش‌های تکراری از یک منطقه روش بسیار مناسبی برای مطالعه شرایط آب و هوایی است. تنوع ارتفاعی ایران و کشیدگی آن در عرض‌های جغرافیایی مختلف به همراه تأثیرگذاری سامانه‌های هواسپهری بر لزوم مطالعه ماهواره‌هایی سنجش‌ازدور می‌فزاید. برای کشور ایران که از توزیع مکانی پیمونگاهی مناسبی برای پایش بلندی‌ها و بیابان‌ها در اختیار ندارد سنجش‌ازدور می‌تواند ارزان‌ترین و کاراترین ابزار ممکن قلمداد گردد. لذا نتایج مطالعه حاضر می‌تواند به‌عنوان ورودی برای مدل‌سازی‌ها و پایش شرایط موجود مفید باشد.

منابع و مآخذ

- احمدی، محمود، داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۵)، آثار ترکیبات بیوفیزیکی در شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری (مطالعه موردی شهر مشهد)، فصلنامه سنجش‌ازدور و GIS و ایران، سال ۸، شماره ۳، صص ۵۸-۳۹.
- ادب، حامد، امیر احمدی، ابوالقاسم، عتباتی، آزاده (۱۳۹۳)، ارتباط پوشش گیاهی با دما و آلبدوی سطحی در دوره گرم سال با استفاده از داده‌های MODIS در شمال ایران، مجله فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۶، شماره ۴، صص۴۳۴-۴۱۹.
- رحیمی خوب، علی، کوچک زاده، مهدی، محمدولی سامانی، جمال، شریفی، فرود (۱۳۸۳)، ارزیابی چند روش برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره NOAA در حوزه آبریز دریاچه ارومیه، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۸، صص ۹۰-۸۴.
- علی‌آبادی، کاظم، اسدی زنگنه، محمدعلی، و داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۴)، ارزیابی و پایش توفان گردوغبار با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور (مطالعه موردی غرب و جنوب غرب ایران)، فصلنامه علمی پژوهشی امداد و نجات، سال هفتم، شماره ۱، صص ۲۰-۱.
- علی‌آبادی، کاظم، داداشی رودباری، عباسعلی (۱۳۹۶)، نقش مؤلفه‌های جغرافیایی بر چگونگی پراکندگی دمایی در سطوح شهری با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور. مطالعه موردی: شهر مشهد، مجله آمایش جغرافیایی فضا، سال ۷، شماره ۲۴، صص ۱۳۱-۱۴۱.
- علیجانی، بهلول (۱۳۸۹)، آب‌وهوای ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ دهم، تهران.
- محمدی، حسین (۱۳۹۰)، آب و هواشناسی شهری، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- مرادی، مسعود، صلاحی، برومند، مسعودیان، سید ابوالفضل (a۱۳۹۵)، پهنه‌بندی دمای رویه زمین ایران با داده‌های مودیس، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال ۵، شماره ۷، صص ۱۱۶-۱۰۱.
- مرادی، مسعود، صلاحی، برومند، مسعودیان، سید ابوالفضل (b۱۳۹۵)، بررسی شیب دمای سطح زمین در ایران با داده‌های روز هنگام مودیس، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۸، شماره۴، صص ۵۱۷-۵۳۲.
- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۹۰)، آب‌وهوای ایران، انتشارات شریعه توس مشهد، چاپ اول، مشهد.
- Bechtel, B. (2015), A New Global Climatology of Annual Land Surface Temperature, Remote Sensing, Vol. 7, No. 3, pp. 2850-2870.
- Benali, A., Carvalho, A. C., Nunes, J. P., Carvalhais, N., Santos, A. (2012), Estimating Air Surface Temperature in Portugal Using MODIS LST Data, Remote Sensing of Environment, Vol. 124, pp. 108-121.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

- Carlson, T. (2007), An Overview of the Triangle Method for Estimating Surface Evapotranspiration and Soil Moisture from Fatellite Imagery, Sensors, Vol. 7, No. 8, pp. 1612-1629.
- Chopping, M., Moisen, G.G., Su, L., Laliberte, A., Rango, A., Martonchik, J. V., Peters, D. P. (2008), Large Area Mapping of Southwestern Forest Crown Cover, Canopy Ceight, and Biomass Using the NASA Multiangle Imaging Spectro-Radiometer, Remote Sensing of Environment, Vol. 112, No,5, pp. 2051-2063.
- DeVISSER, M.A. R. K., Messina, J. P., Moore, N.J., Lusch, D.P., Maitima, J. (2010), A Dynamic Species Distribution Model of Glossina Subgenus Morsitans the Identification of Tsetse Reservoirs and Refugia, Ecosphere, Vol. 1, No. 1, pp. 1-21.
- Duan, S. B., Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Tang, R. (2014), Generation of a Time-Consistent Land Surface Temperature Product from MODIS Data, Remote Sensing of Environment, Vol. 140, pp. 339-349.
- EPA (2017), Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Chapter 1, Urban Heat Island Basics, U. S, Environmental Protection Agency.
- Hulley, G. C., Hook, S. J. (2009), Intercomparison of Versions 4, 4.1 and 5 of the MODIS Land Surface Temperature and Emissivity Products and Validation with Laboratory Measurements of Sand Samples from the Namib Desert, Namibia. Remote Sensing of Environment, Vol. 113, No. 6, pp. 1313-1318.
- IPCC (2007), Climate Change 2007 the Physical Science Basis in Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M, Miller HL (eds) Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, United Kindom, Cambridge.
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., Gutman, G. G., Goldberg, A. (2010), Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment: Merits and Limitations, Journal of climate, Vol. 23, No. 3, pp. 618-633.
- Keramitsoglou, I., Kiranoudis, C. T., Ceriola, G., Weng, Q., Rajasekar, U. (2011), Identification and Analysis of Urban Surface Temperature Patterns in Greater Athens, Greece, Using MODIS Imagery, Remote Sensing of Environment, Vol. 115, No. 12, pp. 3080-3090.
- Li, Z. L., Tang, B. H., Wu, H., Ren, H., Yan, G., Wan, Z., Sobrino, J. A. (2013), Satellite-Derived Land Surface Temperature: Current Status and Perspectives, Remote Sensing of Environment, Vol. 131, pp. 14-37.
- Li, Z.L., Tang, R., Wan, Z., Bi, Y., Zhou, C., Tang, B., Zhang, X. (2009), A Review of Current Methodologies for Regional Evapotranspiration Estimation from Remotely Sensed Data, Sensors, Vol. 9, No. 5, pp. 3801-3853.
- Ma, X. L., Wan, Z., Moeller, C.C., Menzel, W. P., Gumley, L. E. (2002), Simultaneous Retrieval of Atmospheric Profiles, Land-Surface Temperature, and Surface Emissivity from Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer Thermal Infrared Data: Extension of a Two-Step Physical Algorithm, Applied optics, Vol. 41, No. 5, pp. 909-924.
- Ma, X.L., Wan, Z., Moeller, C.C., Menzel, W.P., Gumley, L.E., Zhang, Y. (2000), Retrieval of Geophysical Parameters from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Thermal Infrared Data: Evaluation of a Two-Step Physical Algorithm, Applied Optics, Vol. 39, No. 20, pp. 3537-3550.
- Moran, M. S. (2004), Thermal Infrared Measurement as an Indicator of Plant Ecosystem Health, Thermal remote sensing in land surface processes, pp. 257-282.
- Sun, H., Chen, Y., Gong, A., Zhao, X., Zhan, W., Wang, M. (2014), Estimating Mean Air Temperature Using MODIS Day and Night Land Surface Temperatures, Theoretical and applied climatology, Vol. 118, No. 1-2, pp. 81-92.
- Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., Baker, C. (2011), Remote Sensing Land Surface Temperature for Meteorology and Climatology a Review, Meteorological Applications, Vol. 18, No. 3, pp. 296-306.
- Tomlinson, C. J., Chapman, L., Thornes, J. E., Baker, C. J., Prieto-Lopez, T. (2012), Comparing Night-Time Satellite Land Surface Temperature from MODIS and Ground Measured Air Temperature Across a Conurbation, Remote sensing letters, Vol. 3, No. 8, pp. 657-666.
- Tran, H., Uchihama, D., Ochi, S., Yasuoka, Y. (2006), Assessment with Satellite Data of the Urban Heat Island Effects in Asian Mega Cities, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 8, No. 1, pp. 34-48.
- Trigo, I. F., Monteiro, I. T., Olesen, F., Kabsch, E. (2008), An Assessment of Remotely Sensed Land Surface Temperature, Journal of Geophysical Research Atmospheres, Vol. 113, No. D17, pp. 1-12.
- Wan, Z., Dozier, J. (1996), A Generalized Split-Window Algorithm for Retrieving Land-Surface Temperature from Space, IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, Vol. 34, No. 4, pp. 892-905.
- Wan, Z., Li, Z. L. (1997), A Physics-Based Algorithm for Retrieving Land-Surface Emissivity and Temperature from EOS/MODIS Data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 35, No. 4, pp. 980-996.
- Wan, Z., Snyder, W. (2012), MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD), Vol. 3.
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., Li, Z. L. (2002), Validation of the Land-Surface Temperature Products Retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Data, Remote Sensing of Environment, Vol. 83, No. 1, pp. 163-180.
- Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q., Li, Z. L. (2004), Quality Assessment and Validation of The MODIS Global Land Surface Temperature, International Journal of Remote Sensing, Vol. 25, No. 1, pp. 261-274.
- Wang, K., Dickinson, R.E. (2012), A Review of Global Terrestrial Evapotranspiration Observation, Modeling, Climatology, and Climatic Variability, Reviews of Geophysics, Vol. 50, No. 2, pp. 1-54.
- Wang, W., Liang, S., Meyers, T. (2008), Validating MODIS Land Surface Temperature Products Using Long-Term Nighttime Ground Measurements, Remote Sensing of Environment, Vol. 112, No. 3, pp. 623-635.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]

- Weng, Q., Fu, P., GAO, F. (2014), Generating Daily Land Surface Temperature at Landsat Resolution by Fusing Landsat and MODIS Data, Remote Sensing of Environment, Vol. 145, 55-67.
- Willmott, C. J., Robeson, S. M. (1995), Climatologically Aided Interpolation (CAI) of Terrestrial Air Temperature, International Journal of Climatology, Vol. 15, No, 2, pp. 221-229.
- Yang, J., Wang, Y. (2011), Estimating Evapotranspiration Fraction by Modeling Two-Dimensional Space of NDVI/Albedo and Day–Night Land Surface Temperature Difference a Comparative Study, Advances in Water Resources, Vol. 34, No. 4, pp. 512-518.
- Zhu, W., Lű, A., Jia, S. (2013), Estimation of Daily Maximum and Minimum Air Temperature Using MODIS Land Surface Temperature Products, Remote Sensing of Environment, Vol. 130, pp. 62-73.

[Downloaded from georesearch.ir on 2026-11-19]

[DOI: 10.29252/geores.33.1.174]