

# واکاوی توزیع فراوانی دمای رویه زمین ایران با داده‌های مودیس آکوا

دکتر سید ابوالفضل مسعودیان<sup>۱</sup>

## چکیده

عوارض جغرافیایی گوناگون (دریاچه‌ها، شنزارها، پلایاها، جنگل‌ها و...) ویژگی‌های دمایی (گرمای ویژه و رسانایی گرمایی) متفاوتی دارند؛ از این رو توزیع فراوانی دمای رویه زمین بر روی هر یک از این عوارض متفاوت است. از سوی دیگر، تغییرات محیطی سبب تغییر دمای رویه زمین می‌شود؛ بنابراین تغییرات محیطی مانند آب شدن یخ‌ها و برف‌پوش‌ها، خشک‌شدن دریاچه‌ها، جنگل‌زدایی، بیابان‌زایی و مانند آن می‌تواند توزیع فراوانی دمای رویه زمین را تغییر دهد. داده‌های مودیس به دلیل تفکیک مناسب زمانی و مکانی، بررسی تغییرات توزیع فراوانی دمای رویه زمین را ممکن می‌سازد. داده‌های مودیس آکوا به مدت پانزده سال به کمک واکاوی مؤلفه اصلی بررسی شد. این بررسی نشان داد که توزیع فراوانی دمای رویه زمین در ایران تا اندازه زیادی وابسته به ارتفاع و پس از آن وابسته به عوارض جغرافیایی است. توزیع فراوانی دمای رویه زمین بر روی عوارض جغرافیایی مختلف متفاوت است. دریاچه‌ها، شبکه‌های رودخانه‌ای، کویرها، شنزارها، درختزارها، جنگل‌ها و کلان‌شهرها از جمله عوارض جغرافیایی هستند که بر توزیع فراوانی دمای رویه زمین اثر می‌گذارند؛ از این رو بررسی توزیع فراوانی دمای رویه زمین به شناسایی مرز جغرافیایی این پدیده‌ها کمک می‌کند. از سوی دیگر می‌توان تغییر قلمرو این پدیده‌ها را نیز در طی زمان ردگیری کرد و ابزار نوینی برای پیش‌بینی تغییرات محیطی به دست آورد.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۰، پاییز ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۰۷

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۷/۲۰

صفحات: ۳۰-۲۱



واژه‌های کلیدی:

دمای رویه زمین مودیس، امضای بسامدی، عوارض زمین، تغییرات محیطی، ایران.

## مقدمه

دمای دو پهنه جغرافیایی متمایز مرز پدیده‌های جغرافیایی (ریگزار، کویر، دریاچه، درختزار، کلان‌شهرها و...) را شناسایی کرد. مسائل محیطی زیادی به کمک داده‌های دمای رویه زمین بررسی شده‌اند. جزایر گرمایی شهری (Imhoff et al, 2010: 504-513) Wang & Li, 2016: 82-97; Zhou et al, 2016: 493-505) برآورد دمای هوا (Benali et al, 2012: 108-121; Colombi et al, 2007: 38-46; Mostovoy et al, 2005: 76-80) دمای رویه زمین در مناطق کوهستانی (Neteler, 2010: 333-351) ارزیابی خطر آتش‌سوزی جنگل‌ها (Guangmeng & Mei, 2004: 98-100).

داده‌های ماهواره‌ای، پژوهش‌های آب و هوایی را در مناطقی که ایستگاه دیدبانی ندارند یا چگالی ایستگاه‌ها کم است، آسان ساخته است. دمای رویه زمین از جمله متغیرهایی است که نقشی کلیدی در رفتار دیگر متغیرهای محیطی دارد (Liu et al, 2006: 115). به دلیل اندرکنش دما با طیف گسترده‌ای از متغیرهای محیطی می‌توان با بررسی تغییرات توزیع فراوانی دما با گذشت زمان، تغییرات محیطی (گسترش شهرها، بیابان‌زایی، جنگل‌زدایی، خشک‌شدن دریاچه‌ها و...) را آشکارسازی کرد، یا با بررسی تفاوت توزیع فراوانی

فراورده دیگر مودیس به کار گرفته شده‌اند. نخست داده‌های تابش در باند سی‌ویک (۱۱/۰۳ میکرومتر) و باند سی‌ودو (۱۲/۰۲ میکرومتر) و گسلیندگی این دو باند (MYD021KM)، دوم داده‌های موقعیت زمینی (MYD03)، سوم داده‌های پوشش ابر (MYD35\_L2)، چهارم داده‌های نیمرخ دما و بخار آب هواسپهر (MYD07\_L2)، پنجم داده‌های پوشش زمین (KM\MCDLC) و ششم داده‌های پوشش برف (MYD10\_L2).

تفکیک مکانی داده‌های دمای رویه زمین یک کیلومتر است. ماهواره آکوا دو بار در شبانه‌روز (ساعت حدود یک بعدازظهر محلی و ساعت دو بامداد محلی) از روی ایران گذر می‌کند. به این ترتیب مودیس آکوا در هر شبانه‌روز دو بار دمای رویه زمین را اندازه‌گیری می‌کند. بازه زمانی داده‌ها در این پژوهش از ۱۳۸۱/۰۴/۱۳ تا ۱۳۹۶/۰۴/۱۳ به مدت ۱۵ سال (۵۴۸۰ روز) بوده‌است. در این بازه زمانی تنها داده‌های یاخته‌هایی که در درون خاک اصلی ایران بوده‌اند (۱۸۸۴۰۷۷ یاخته برابر با حدود ۱۶۲۲۵۳۷ کیلومترمربع) بررسی شده‌است؛ بنابراین آرایه‌ای زمان-مکان به ابعاد ۱۸۸۴۰۷۷ سطر و ۵۴۸۰ ستون ( $LST_{ij}$ ) داده‌های دمای همه یاخته‌های درون سرزمین اصلی ایران را در طی ۱۵ سال مورد بررسی، پوشش می‌دهد. بررسی آرایه روزه‌نگام و شب‌هنگام نشان داد که دامنه دمای رویه زمین در ایران در بازه زمانی بررسی‌شده در هنگام شب، ۵۰- تا ۵۷ درجه سلسیوس و در هنگام روز، ۴۶- تا ۸۱ درجه سلسیوس بوده‌است. بر این اساس، ۱۲۷ طبقه دمایی ( $z = 127$ ) با بازه یک درجه سلسیوس برای روز ( $CLST = [-46: 1: 80]$ ) و ۱۰۷ طبقه دمایی ( $z = 107$ ) برای شب ( $CLST = [-50: 1: 57]$ ) در نظر گرفته‌شد؛ سپس فراوانی دمای هر یک از

پیش‌بینی زمانی و مکانی دما (Hengl et al, 2012: 265-277; Langer et al, 2010: 2059-2069; Westermann et al, 2011: 908-922) پایش خشکسالی کشاورزی (Son et al, 2012: 417-427)، شناسایی فرین‌ها (Mildrexler et al, 2011: 855-860)، نمونه‌هایی از این مسائل هستند. با این حال، بررسی تغییرات توزیع فراوانی دمای رویه زمین به منظور آشکارسازی تغییرات محیطی و شناسایی مرز پدیده‌های جغرافیایی کم‌تر بررسی شده‌است. این در حالی است که تغییرات توزیع فراوانی می‌تواند ابعاد گوناگون تغییرات محیطی را به نیرومندی آشکار سازد. مقایسه توزیع فراوانی دمای رویه زمین در یک محل معین در دو زمان مختلف نه تنها تغییرات محیطی را آشکار می‌سازد؛ بلکه نشان می‌دهد که کدام دسته دماها دستخوش تغییرات بیش‌تری شده‌اند. در عین حال مقایسه توزیع فراوانی دمای رویه زمین در دو محل مختلف در یک بازه زمانی ثابت می‌تواند دریچه تازه‌ای به روی پژوهشگران بگشاید و این پرسش را مطرح سازد که آیا هر پدیده جغرافیایی معین مانند ریگزار، جنگل، دق، کویر، شهر و... دارای توزیع فراوانی دمایی ویژه‌ای (امضای بسامدی) است یا خیر. امضای بسامدی، توزیع درصد فراوانی مشخصی از دمای رویه زمین است که بتوان آن را از دیدگاه آماری به یک پدیده جغرافیایی معین نسبت داد. این پژوهش می‌کوشد تا به این پرسش پاسخ دهد که در قلمرو ایران کدام عوارض زمینی امضای بسامدی از خود نشان می‌دهند.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش داده‌های دمای رویه زمین سنجنده مودیس که بر روی ماهواره آکوا سوار است، به کار گرفته شده‌است. این داده‌ها با نام فراورده MYD11A1 V06 شناخته می‌شوند. برای تولید این داده‌ها چندین

فراوانی روی هر طبقه دمایی ( $\overline{PF}_{1 \times 234}$ ) مرتبط هستند:

$$S = (PF - \overline{PF}) \times E$$

واکاوی مؤلفه اصلی گذشته از تلیخیص داده‌ها، از راه تجمیع پراش مشترک میان متغیرها، الگوهای مستقل موجود در داده‌ها را آشکار می‌سازد. انجام واکاوی مؤلفه اصلی بر روی یک آرایه زمان-مکان از این نظر نیز سودمند است که قلمرو مکانی (نمرات مؤلفه‌ها) حاکمیت الگوها (بردارهای ویژه) را نشان می‌دهد.

#### یافته‌های تحقیق

دما مهم‌ترین عنصر آب و هوایی متمایزکننده نواحی آب و هوایی ایران است (Masoodian, 2011)؛ از این رو شناخت تفاوت توزیع فراوانی دمای رویه زمین در ایران به شناخت ساختار نواحی آب و هوایی ایران کمک زیادی می‌کند. از یک سو ایران کشوری ناهموار و از دیدگاه آب و هوایی متنوع است. در عین حال چگالی ایستگاه‌ها در ایران کم و پراکندگی ایستگاه‌ها نایک‌نواخت است؛ از این رو داده‌های ماهواره‌ای خوش تفکیک جزئیاتی را در مورد نواحی آب و هوایی ایران آشکار می‌سازد که با داده‌های ایستگاهی دست‌نیافتنی است. به کارگیری روش‌های تحلیل چندمتغیری بر روی داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند اختلافات اصلی دمایی نقاط مختلف ایران با یکدیگر را روشن سازد. پراش کل توزیع درصد فراوانی دمای رویه زمین ایران (آرایه  $PF_{1884077 \times 234}$ ) ۱۲۷/۲۳ است. واکاوی مؤلفه اصلی نشان داد که بیش از ۷۵ درصد این پراش کل تنها با چهار مؤلفه نخستین تبیین می‌شود؛ بنابراین واکاوی مؤلفه اصلی در تجمیع پراش و تلیخیص داده‌ها کارآمد است.

طبقات بر روی هر یک از یاخته‌ها جداگانه برای شب و روز شمارش شد:

$$F_{ik} = \sum_{j=1}^z 1_{LST_{ij} \in CLST_k}$$

در این جا  $F_{ik}$  فراوانی طبقه دمایی  $k$  ام بر روی یاخته  $i$  ام در طی ۵۴۸۰ روز مورد بررسی بوده‌است. به این ترتیب دو آرایه توزیع فراوانی دما یکی برای روز ( $F_{1884077 \times 127}$ ) و دیگری برای شب ( $F_{1884077 \times 107}$ ) به دست آمد. به کمک روابط زیر این دو آرایه به آرایه درصد فراوانی تبدیل شد:

$$PF_{ik} = \frac{F_{ik}}{SF_i} \times 100$$

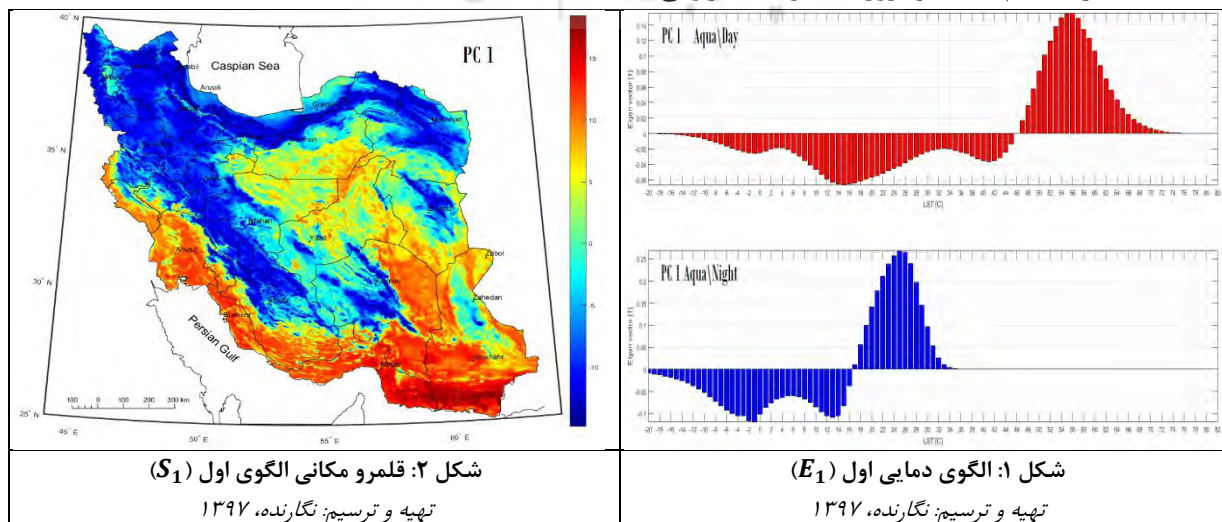
$$SF_i = \sum_{k=1}^z F_{ik}$$

$PF_{ik}$  درصد فراوانی طبقه دمایی  $k$  ام بر روی یاخته  $i$  ام در طی ۵۴۸۰ روز مورد بررسی و  $SF_i$  مجموع فراوانی همه طبقات دمایی بر روی یاخته  $i$  ام در طی ۵۴۸۰ روز مورد بررسی بوده‌است. کنار هم چیدن دو آرایه درصد فراوانی شب و روز هنگام، آرایه توزیع فراوانی دمای رویه زمین ( $PF_{1884077 \times 234}$ ) به دست آمد. این آرایه نشان می‌دهد که در طی ۱۵ سال مورد بررسی، چه درصدی از دمای رویه زمین در هنگام شب و در هنگام روز بر روی هر یک از یاخته‌ها در کدام طبقه دمایی بوده‌است.

برای شناسایی الگوهای توزیع فراوانی دمای رویه زمین یک واکاوی مؤلفه اصلی بر روی آرایه درصد فراوانی دمای رویه زمین ایران ( $PF_{1884077 \times 234}$ ) انجام شد. آرایه بردار ویژه ( $E_{234 \times 234}$ ) و نمرات مؤلفه‌ها ( $S_{1884077 \times 234}$ ) به صورت زیر با آرایه درصد فراوانی ( $PF_{1884077 \times 234}$ ) و میانگین درصد

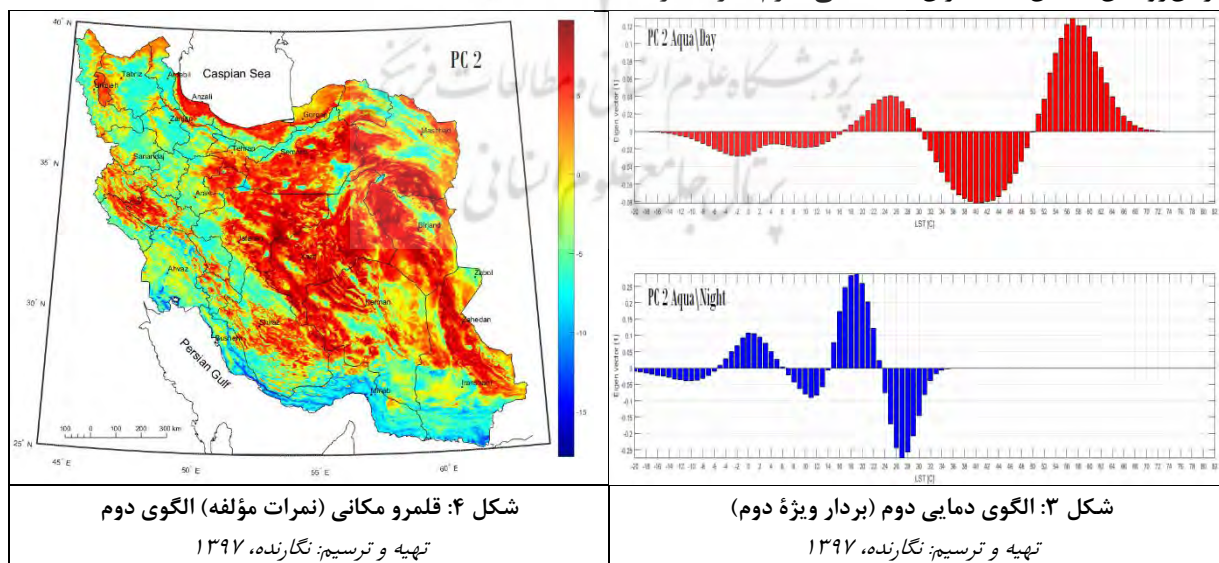
دماهای بیش از ۴۷ و بیش از ۱۷ درجه سلسیوس بالاتر از متوسط است و یا فراوانی دماهای کم‌تر از ۴۷ در هنگام روز و کم‌تر از ۱۷ درجه سلسیوس در هنگام شب پایین‌تر از متوسط است ( $[F - \bar{F}] \times E > 0$ )؛ از این‌رو این پهنه‌ها را می‌توان ایران گرم نامید. از سوی دیگر، در بخش‌های کوهستانی، کرانه‌های خزر و شمال‌غرب و شمال‌شرق کشور فراوانی همین دماها پایین‌تر از متوسط است و این پهنه‌ها را می‌توان ایران سرد نامید. چون مؤلفه اول، ایران را به پهنه گرم و سرد بخش می‌کند می‌توان آن را مؤلفه آب و هوایی نامید. در ایران گرم عرض جغرافیایی و آسمان صاف نقش مهمی در گرمی آب و هوا دارد. در ایران سرد ارتفاع (در زاگرس و البرز و رشته‌کوه مرکزی) و فرارفت دما (در شمال‌غرب و شمال‌شرق) نقش مهمی در سردی آب و هوا دارند (مسعودیان، ۲۰۱۱). در عین حال نقش ارتفاع در توزیع فراوانی دمای رویه زمین چشمگیرتر است؛ به‌طوری که میانه ارتفاعی ایران سرد ۸۰۰ متر و در ایران گرم ۱۷۰۰ متر است. در ایران گرم میانگین دمای رویه زمین در هنگام روز و شب به ترتیب ۴۴/۳ و ۱۵/۷ درجه سلسیوس است. ایران سرد ۴۹/۳ درصد ایران را می‌پوشاند. در این بخش از ایران میانگین دمای رویه زمین در هنگام روز و شب به ترتیب ۳۳/۶ و ۷/۰ درجه سلسیوس است.

مؤلفه اول، مؤلفه آب و هوایی: برجسته‌ترین ویژگی آب و هوای ایران تقسیم کشور به دو بخش گرم و سرد است (Masoodian, 2011). مؤلفه اول بازتاب همین ویژگی است. این مؤلفه ۴۳/۵ درصد پراش کل توزیع درصد فراوانی دمای رویه زمین ایران را تبیین می‌کند که نشان از اهمیت چشمگیر آن نسبت به الگوهای دیگر است. از سوی دیگر، بردار ویژه این مؤلفه الگوی یکسانی را برای شب و روز نشان می‌دهد (شکل ۱)؛ به این معنا که هم در هنگام روز و هم در هنگام شب فراوانی دماهای بالا بیش از فراوانی دماهای پایین بوده‌است. بردار ویژه اول نشان می‌دهد که در هنگام روز، فراوانی دماهای بیش‌تر از ۴۷ درجه سلسیوس در تقابل با فراوانی دماهای کم‌تر از ۴۷ درجه سلسیوس است. در هنگام شب فراوانی دماهای بیش از ۱۷ درجه سلسیوس در تقابل با فراوانی دماهای کم‌تر از ۱۷ درجه سلسیوس است. این بدان معناست که در سراسر بخش‌هایی از ایران که نمرات مؤلفه اول مثبت است ( $S > 0$ )، نسبت به بخش‌هایی که نمرات مؤلفه اول منفی است ( $S < 0$ ) روز و شب‌های گرمی حاکم است (شکل ۲). اگر پراکندگی جغرافیایی نمرات مؤلفه اول بر روی ایران را در نظر بگیریم، این الگو به این معنا است که در سراسر کرانه‌های جنوبی، بخشی از غرب و در ایران مرکزی ( $S > 0$ ) در هنگام شب و روز به ترتیب فراوانی



سوی دیگر، در ایران مرکزی ابرناکی بسیار ناچیز است و ساعات آفتابی بسیار زیاد است؛ از این رو این بخش‌ها در هنگام روز تابش زیادی دریافت کرده و بسیار گرم می‌شوند. در عین حال چون رطوبت هواسپهر در این بخش‌های ایران بسیار ناچیز است، در هنگام شب تابش خروجی زیاد است؛ به همین دلیل ایران مرکزی در قیاس با کرانه‌های جنوبی روزهایی گرم اما شب‌هایی سردتر را تجربه می‌کند. تضاد آب و هوایی این دو بخش از ایران گرم در مؤلفه دوم بازتاب یافته است (شکل ۴). این مؤلفه ۱۴/۶ درصد پراش کل را تبیین می‌کند؛ بنابراین تضاد شبانه‌روزی تابش دریافتی در هنگام روز و تابش خروجی در هنگام شب دومین عامل اثرگذار بر توزیع فراوانی دمای رویه زمین در ایران است. الگوی دمایی اول ( $E_1$ ) نماینده آب و هوای گرم در برابر آب و هوای سرد و الگوی دمایی دوم ( $E_2$ ) نماینده تضاد دمای شبانه و دمای روزانه است. ترکیب این دو مؤلفه چهار قلمرو دمای رویه زمین در ایران را آشکار می‌سازد (شکل ۵ و ۶).

مؤلفه دوم، مؤلفه چرخه شبانه‌روزی دما: دومین الگوی دمایی ایران نماینده تفاوت دمای شب و روز است (شکل ۳). تابش دریافتی روزانه و تابش خروجی شبانه به دلیل تنوع جغرافیایی، در بخش‌های مختلف ایران متفاوت است؛ از این رو ایران گرم و ایران سرد هر یک به دو بخش تقسیم می‌شود. بخش‌هایی که روزهای گرمی دارند؛ بخش‌هایی که شب‌های گرمی دارند؛ بخش‌هایی که روزهای سردی دارند؛ بخش‌هایی که شب‌های سردی دارند. در کرانه‌های جنوبی رطوبت جو بسیار زیاد است. در هنگام شب رطوبت مانع خروج تابش‌های بلند شده و گرما حفظ می‌شود. از این گذشته در کویرها که در زیر لایه‌های نازک از چندضلعی‌های نمکی، آب زیرسطحی وجود دارد (مانند گاوخونی و دریاچه نمک). در هنگام روز آب زیرسطحی گرما را انباشته کرده و در هنگام شب گرما را آزاد می‌کند. از این جهت اگرچه در این بخش‌های کشور هواسپهر بسیار خشک است، اما در هنگام روز از پیرامون خود سردتر و در هنگام شب گرم‌تر هستند؛ از این رو این بخش‌های ایران شب‌هایی گرم دارند. از

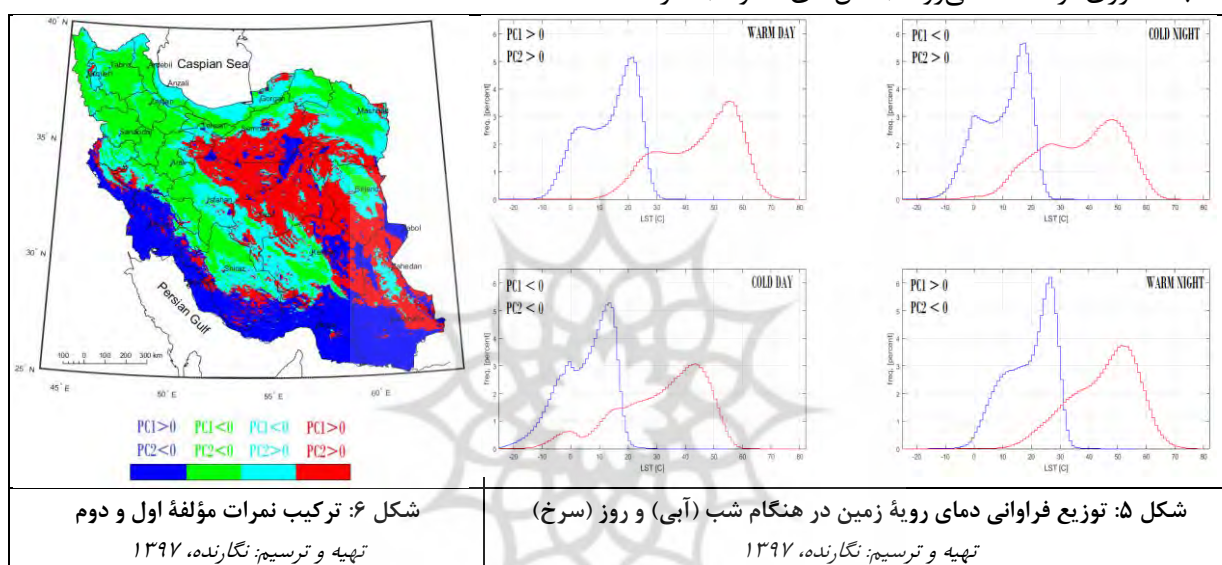


بخش‌هایی که شب‌ها گرم است (کرانه‌های جنوبی و کویرها)، رطوبت جو و آب زیرسطحی بر توزیع فراوانی دمای رویه زمین اثرگذار است.

در بخش‌هایی از ایران (بیابان‌های ایران مرکزی) که روزها گرم است (شکل ۵)، آسمان بی‌ابر نقش مهمی در توزیع فراوانی دمای رویه زمین دارد. در

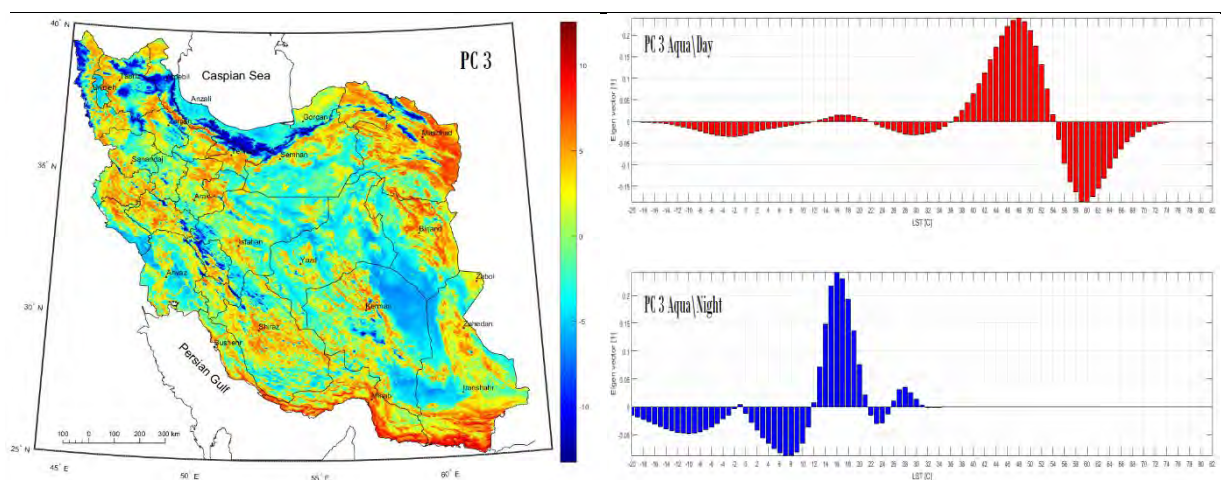
دره‌ها و چاله‌ها (مانند چاله ساختمانی سنندج-سیرجان) نیز انباشت هوای سرد در گودی‌ها با سرمای شبانه مرتبط است. از سوی دیگر، در ارتفاعات زاگرس و البرز تشکیل ابرهای همرفتی در هنگام روز، تابش دریافتی را کاهش داده و سرمایش روزانه را سبب می‌شود (شکل‌های ۵ و ۶).

در بخش‌هایی از ایران که شب‌های سرد را تجربه می‌کنند، آسمان صاف شبانه و گودی زمین عوامل اثرگذار بر توزیع فراوانی دمای رویه زمین هستند (Masoodian, 2011). در کرانه‌های خزر و کوهپایه‌های زاگرس و البرز درصد اوقات آسمان صاف در شب بسیار بیش از روز است (Masoodian, 2011) و شب‌ها انرژی از دست می‌رود (شکل‌های ۵ و ۶).



منطبق بر بخش‌هایی از کشور است که نمرات مؤلفه سوم بر روی آن کوچک‌تر از ۷- است. در این بخش‌ها تعداد روزهای برفپوشان تفاوت معناداری با دیگر بخش‌های ایران دارد. سی درصد از قلمرو این بخش از ایران دست‌کم ۶۸ روز در سال پوشیده از برف است. از سوی دیگر، در بخشی از ایران که نمرات مؤلفه سوم بزرگ‌تر از ۷- است، تعداد روزهای برفپوشان بسیار کم‌تر است. در هفتاد درصد این قلمرو تعداد روزهای برفپوشان از سه روز کم‌تر است.

مؤلفه سوم، مؤلفه برفخوان‌ها: بخش بزرگی از ایران آب و هوایی گرم و خشک دارد؛ از این رو زندگی در ایران وابسته به برفخوان‌هایی است که در ارتفاعات، آب رودخانه‌ها، چشمه‌ها و کاریزها را فراهم می‌آورند. در ارتفاعات کم‌تر از ۱۷۰۰ متر پوشش برفی ایران ناچیز است. از ارتفاع ۱۷۰۰ متر پوشش برفی با افزایش ارتفاع به صورت خطی افزایش می‌یابد (کیانی و مسعودیان، ۲۰۱۶). مؤلفه سوم چند پدیده جغرافیایی مهم را نمایندگی می‌کند. برفخوان‌های ایران یکی از این پدیده‌ها است (شکل ۷ و ۸).



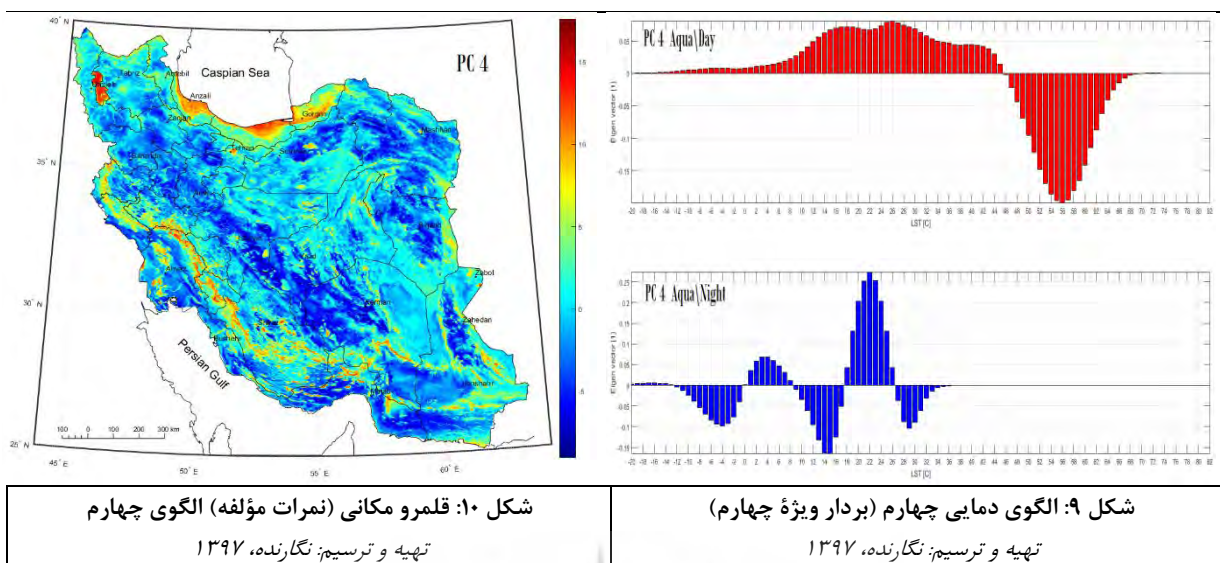
شکل ۸: قلمرو مکانی (نمرات مؤلفه) الگوی سوم  
تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۷

شکل ۷: الگوی دمایی سوم (بردار ویژه سوم)  
تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۷

آن‌ها سبب می‌شود تا تابش در هنگام روز در این مناطق توسط آب ذخیره شده و در شب آزاد شود. به همین سبب در این بخش‌های ایران فراوانی دماهای بالا در هنگام روز کم و در هنگام شب زیاد است (شکل ۹).

تاکنون نقشه دقیقی از قلمرو گسترش درختزارهای زاگرس وجود نداشت. با توجه به اینکه این درختزارها به دلیل گرم شدن ایران در طی پنج دهه گذشته، کاهش بارش و افزایش توفان‌های گرد و غبار (مسعودیان، ۲۰۱۱) بسیار آسیب‌پذیر شده‌اند، یکی از ویژگی‌های ارزشمند و کاربردی مؤلفه چهارم آن است که قلمرو گسترش این درختزارها را آشکار می‌سازد (شکل ۱۰) و امکان پایش و احیای آن‌ها را فراهم می‌آورد.

مؤلفه چهارم، مؤلفه آب‌های سطحی و زیرسطحی: آب نقش مهمی در ترازمندی تابش دارد؛ از این رو عواملی که بر مقدار بخار آب، انباشت آب در سطح یا زیر سطح زمین اثر می‌گذارند توزیع فراوانی دمای رویه زمین را نیز متأثر می‌سازند. کلان‌شهرهایی مانند اصفهان، مشهد، تهران و شیراز که همچون واحه‌هایی در بیابان به شمار می‌آیند، درختزارهای زاگرس، دریاچه اورمیه، دریاچه مهارلو، چاه‌نیمه در جنوب زهک، یا شبکه‌های رودخانه‌ای مانند سپیدرود، یا جلگه گیلان، تالاب گاوخونی، دریاچه نمک و کویر حاج علی‌قلی هر یک بر مقدار رطوبت در هوا سپهر و سطح و زیر سطح زمین اثرگذار هستند (شکل‌های ۹ و ۱۰). جزایر رطوبتی که این پدیده‌های جغرافیایی پدید می‌آورند، در تضاد با خشکی محیط پیرامون



شکل ۱۰: قلمرو مکانی (نمرات مؤلفه) الگوی چهارم

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۷

شکل ۹: الگوی دمایی چهارم (بردار ویژه چهارم)

تهیه و ترسیم: نگارنده، ۱۳۹۷

## نتیجه

برفخوان‌ها و برخی کلان‌شهرها دارای امضای بسامدی هستند؛ به بیان دیگر، این عوارض جغرافیایی توزیع فراوانی دمایی ویژه و پایسته‌ای دارند که آن‌ها را از دیگر پدیده‌های جغرافیایی متمایز می‌کند. با توجه به اینکه ایران در کمربند خشک جهان قرار گرفته است، وجود آب در قلمروهای جغرافیایی کوچک به هر یک از اشکال آن تغییر معناداری در توزیع فراوانی دما ایجاد می‌کند. در مورد درختزارهای زاگرس که از زیست‌بوم‌های شکننده ایران است و از خشکسالی‌های سال‌های اخیر آسیب فراوانی دیده و نیازمند پایش و مراقبت است، نتایج این پژوهش بسیار سودمند است. از این گذشته، روند گرم‌شدن ایران برفخوان‌های کشور را به شدت تهدید می‌کند. تغییر ترکیب بارش و کاهش حجم برف در برفخوان‌های کشور منابع آبی ایران را به شدت تحت فشار قرار داده است؛ از این رو پایش برفخوان‌های کشور ارزش حیاتی دارد. با این حال در زمینه شناسایی قلمرو برفخوان‌های ایران پژوهش‌های اندکی انجام گرفته است (Keikhosravi et al., 2017) مؤلفه سوم به شناسایی قلمرو برفخوان‌ها و تغییرات قلمرو آن‌ها کمک می‌کند و از این رو ابزار مناسبی برای پایش برفخوان‌ها نیز است.

توزیع فراوانی دمایی رویه زمین به نوع رویه حساس است؛ به بیان دیگر، اگر در طی زمان نوع رویه تغییر کند، توزیع فراوانی دمایی آن نیز تغییر خواهد کرد. به همین نحو توزیع فراوانی دمایی رویه زمین در دو محل جغرافیایی متفاوت که دارای دو نوع رویه مختلف هستند با یکدیگر متفاوت است. اگر یک پدیده جغرافیایی معین نوع خاصی از توزیع فراوانی دمایی رویه زمین را نشان دهد که از توزیع فراوانی دیگر پدیده‌های جغرافیایی متمایز باشد و این توزیع فراوانی خاص در طی زمان پایسته بماند، به طوری که بتوان این توزیع فراوانی دمایی رویه زمین را از دیدگاه آماری به آن پدیده جغرافیایی معین نسبت داد، گوییم این توزیع فراوانی خاص، امضای بسامدی این پدیده جغرافیایی است. واکاوی مؤلفه اصلی ابزار توانمندی برای شناسایی وردش‌های مکانی-فراوانی دمایی رویه زمین است. به کمک این ابزار می‌توان الگوی توزیع فراوانی دمایی رویه زمین پدیده‌های جغرافیایی گوناگون را شناسایی کرد و از این راه، به شرط وجود، امضای بسامدی پدیده‌های جغرافیایی مختلف را پیدا کرد. این بررسی نشان داد که کویرها، ریگزارها، درختزارهای زاگرس، شبکه‌های رودخانه‌ای، دریاچه‌ها و آبگیرها،



- Langer, M., Westermann, S., & Boike, J. (2010). Spatial and temporal variations of summer surface temperatures of wet polygonal tundra in Siberia-implications for MODIS LST based permafrost monitoring. *Remote Sensing of Environment*, 114(9), 2059-2069.  
[https://www.researchgate.net/publication/222113865\\_Spatial\\_and\\_temporal\\_variations\\_of\\_summer\\_surface\\_temperatures\\_of\\_wet\\_polygonal\\_tundra\\_in\\_Siberia\\_implications\\_for\\_MODIS\\_LST\\_based\\_permafrost\\_monitoring](https://www.researchgate.net/publication/222113865_Spatial_and_temporal_variations_of_summer_surface_temperatures_of_wet_polygonal_tundra_in_Siberia_implications_for_MODIS_LST_based_permafrost_monitoring)
- Liu, Y., Hiyama, T., & Yamaguchi, Y. (2006). Scaling of land surface temperature using satellite data: A case examination on ASTER and MODIS products over a heterogeneous terrain area. *Remote Sensing of Environment*, 105 (2), 115-128.  
[https://www.researchgate.net/publication/222946781\\_Scaling\\_of\\_land\\_surface\\_temperature\\_using\\_satellite\\_data\\_A\\_case\\_examination\\_on\\_ASTER\\_and\\_MODIS\\_products\\_over\\_a\\_heterogeneous\\_terrain\\_area](https://www.researchgate.net/publication/222946781_Scaling_of_land_surface_temperature_using_satellite_data_A_case_examination_on_ASTER_and_MODIS_products_over_a_heterogeneous_terrain_area)
- Masoodian, S. A. (2011). The climate of Iran. Iran: Sharia Toos Publication  
<https://scholar.google.com/citations?user=-N2LhoAAAAJ&hl=en>
- Mildrexler, D. J., Zhao, M., & Running, S. W. (2011). Satellite finds highest land skin temperatures on earth. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(7), 855-860.  
[https://watermark.silverchair.com/2011bams3067\\_1.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kxhW\\_Ercy7Dm3ZL\\_9Cf3qfKAc485ysg](https://watermark.silverchair.com/2011bams3067_1.pdf?token=AQECAHi208BE49Ooan9kxhW_Ercy7Dm3ZL_9Cf3qfKAc485ysg)
- Mostovoy, G. V., King, R., Reddy, K. R., & Kakani, V. G. (2005, May). Using MODIS LST data for high-resolution estimates of daily air temperature over Mississippi. In *Analysis of Multi-Temporal Remote Sensing Images*, 2005 International Workshop on the (PP.76-80).IEEE.  
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1469844>

## منابع

- 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*, 124, 108-121.  
[https://www.researchgate.net/publication/230660797\\_Estimating\\_air\\_surface\\_temperature\\_in\\_Portugal\\_using\\_MODIS\\_LST\\_data](https://www.researchgate.net/publication/230660797_Estimating_air_surface_temperature_in_Portugal_using_MODIS_LST_data)
- Colombi, A., De Michele, C., Pepe, M., Rampini, A., & Michele, C. D. (2007). Estimation of daily mean air temperature from MODIS LST in Alpine areas. *EARSeL eProceedings*, 6(1), 38-46.  
<https://pdfs.semanticscholar.org/813f/55d5e136c702a03f9108414a701b79cc18dd.pdf>
- Guangmeng, G., & Mei, Z. (2004). Using MODIS land surface temperature to evaluate forest fire risk of northeast China. *IEEE Geoscience and Remote sensing letters*, 1(2), 98-100.  
[https://www.researchgate.net/publication/3449515\\_Using\\_MODIS\\_Land\\_Surface\\_Temperature\\_to\\_Evaluate\\_Forest\\_Fire\\_Risk\\_of\\_Northeast\\_China](https://www.researchgate.net/publication/3449515_Using_MODIS_Land_Surface_Temperature_to_Evaluate_Forest_Fire_Risk_of_Northeast_China)
- Hengl, T., Heuvelink, G. B., Tadić, M. P., & Pebesma, E. J. (2012). Spatio-temporal prediction of daily temperatures using time-series of MODIS LST images. *Theoretical and applied climatology*, 107(1-2), 265-277.
- Imhoff, M. L., Zhang, P., Wolfe, R. E., & Bounoua, L. (2010). Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA. *Remote Sensing of Environment*, 114(3), 504-513.
- Keikhosravi Kiany, M.S., & Masoodian, S. A. (2017). Identification of Seasonal Snow-covered Seasons of Iran based on MODIS Data. *Geography and Environmental Planning*, 63(3), 33-48.  
<https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=567945>

- Neteler, M. (2010). Estimating daily land surface temperatures in mountainous environments by reconstructed MODIS LST data. *Remote sensing*, 2(1), 333-351.  
<file:///C:/Documents%20and%20Settings/Kh.Mir%20Teymuri/My%20Documents/Downloads/remotesensing-02-00333.pdf>
- Son, N. T., Chen, C. F., Chen, C. R., Chang, L. Y., & Minh, V. Q (2012). Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*, 18, 417-427.  
[https://www.researchgate.net/publication/329642889\\_Monitoring\\_drought\\_via\\_TVDI\\_derived\\_from\\_2000\\_-\\_2015\\_MODIS\\_data\\_a\\_case\\_study\\_of\\_Vietnamese\\_Mekong\\_River\\_Delta](https://www.researchgate.net/publication/329642889_Monitoring_drought_via_TVDI_derived_from_2000_-_2015_MODIS_data_a_case_study_of_Vietnamese_Mekong_River_Delta)
- Wang, X., & Li, Y (2016). Predicting urban heat island circulation using CFD. *Building and Environment*, 99, 82-97.
- Westermann, S., Langer, M., & Boike, J. (2011). Spatial and temporal variations of summer surface temperatures of high-arctic tundra on Svalbard-implications for MODIS LST based permafrost monitoring. *Remote Sensing of Environment*, 115(3), 908-922.
- Zhou, B., Lauwaet, D., Hooyberghs, H., De Ridder, K., Kropp, J. P., & Rybski, D (2016). Assessing seasonality in the surface urban heat island of London. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 55(3), 493-505.  
[https://www.researchgate.net/publication/283697230\\_Assessing\\_Seasonality\\_in\\_the\\_Surface\\_Urban\\_Heat\\_Island\\_of\\_London](https://www.researchgate.net/publication/283697230_Assessing_Seasonality_in_the_Surface_Urban_Heat_Island_of_London)