

شناسایی روابط فضایی روزهای گرم فراگیر در ایران زمین

چکیده

یکی از حالات دمایی، دماهای بالا و رخداد روزهای گرم است. مطالعه رفتار مکانی روزهای گرم به لحاظ شناخت قوانین حاکم بر این حالت مهم دما، ضرورتی اجتناب ناپذیر است. در پژوهش حاضر تلاش شد تا روزهای گرم فراگیر ایران به روش آماری شناسایی و توزیع فضایی آن‌ها تحلیل شود. به این منظور از پایگاه داده شبکه‌ای دمای بیشینه کشور که حاصل میان‌یابی مشاهدات روزانه از ابتدای سال ۱۳۴۰ تا انتهای سال ۱۳۸۶ است، بهره برده‌ایم. در نتیجه واکاوی انجام شده، ۱۵۳۹ روز گرم فراگیر شناسایی گردید. بیشترین فراوانی روزهای گرم در ماه‌های فروردین، بهمن و دی است. با هدف شناسایی الگوی پراکنش و روابط فضایی روزهای گرم فراگیر در پهنه کشور از آماره مورن کلی^۱، مورن محلی^۲ و نمایه گتیس-آرد جی استار^۳ استفاده شد. الگوی فضایی برازنده روزهای گرم فراگیر ایران یک الگوی خوشه-ای است که معنی‌داری آن در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌گردد. خوشه‌های فراوانی روزهای گرم در مرکز ایران و خوشه‌های متوسط دما در حواشی کشور رخ داده‌اند. با وجود این، نواحی توأم با بیشینه بسامد روزهای گرم، منطبق با نواحی بیشینه دمای روزهای گرم نیستند. عموماً نواحی دمایی زیر اثر رطوبت، عرض جغرافیایی و ارتفاع هستند. گرم‌ترین نواحی توأم با روزهای گرم در جنوب و جنوب شرق کشور و نقاط کمینه توأم با روزهای گرم در بلندی‌ها و نواحی شمال غربی کشور جای دارند.

واژه‌های کلیدی: ایران، تحلیل فضایی، روز گرم، همبستگی فضایی

مقدمه

حالات مختلف عناصر آب و هوای، حاصل کنش‌ها و واکنش‌های بی‌وقفه و پیوسته اجزای مختلف سامانه آب و هوا است که موجب شکل‌گیری تنوع مکانی و تغییرات زمانی رویدادهای آب و هوای می‌شود. شناخت این تنوع و تغییر از ضرورت‌های اولیه برای شناخت محیط و برنامه‌ریزی مبتنی بر این شناخت است. یکی از عناصر آب و هوای مهم که شناخت آن از الزامات بنیادی در شناخت آب و هوا است، دما و حالت‌های آن است.

1 - Global Moran's I statistic
2 - Local Moran's I statistic
3 - Getis- Ord G* statistic

یکی از حالات دمایی، دماهای بالا و رخداد روزهای گرم است. روزهای گرم را می‌توان به عنوان یک ناهنجاری دمایی و یک مخاطره به شمار آورد که حاصل شرایط خاصی از وضعیت جوئی است. روزهای گرم و میانگین دمای آن-ها در بسیاری از مناطق جهان، نظیر: جنوب شرق آسیا و اقیانوس آرام جنوبی (مانتون^۱ و همکاران^{۲۰۰۱}: ۲۶۹)، ایالات متحده (دگاتانو و آلن^{۲۰۰۲}: ۳۱۸۸)، کانادا (وینسنت و مکیز^{۲۰۰۶}: ۱۷۷)، مکزیک (کوتو^۴ و همکاران^{۲۰۱۰}: ۳۳۵) و حتی در بخش‌هایی از کشور ما نظیر استان هرمزگان (رحیم‌زاده و همکاران^{۱۳۹۰}: ۹۷) رو به افزایش نهاده است.

روزهای گرم به لحاظ تأثیر بر آسایش انسانی از اهمیت شایان توجهی برخوردار است؛ برای مثال، در بسیاری نواحی جهان حتی موجب مرگ و میر شده است. برای نمونه این پدیده موجب مرگ افراد پیر در اسپانیا (دیاز^۵ و همکاران^{۲۰۰۲}: ۱۴۵)، مرگ و میر طی تابستان ۲۰۰۳ در ایتالیا (کانتی و همکاران،^{۲۰۰۴}: ۳۹۰) و شانگهای چین (هانگ و همکاران،^{۲۰۱۰}: ۲۴۱۸) و در سال ۲۰۰۶ موجب مرگ و میر افرادی در کالیفرنیا (استرو و همکاران،^{۲۰۰۹}: ۶۱۴) شده است. بین سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۹۰ نیز مرگ و میر در شمال خاوری آلمان «برلین و براندنبورگ» (گابریل و همکاران،^{۲۰۱۱}: ۲۰۴۴) را در پی داشته است. علاوه بر این، اثرهای این پدیده بر مصرف آب و انرژی و نیز بازدهی بدنی و ذهنی افراد تأثیر انکارناپذیری دارد. بدین ترتیب و نیز به منظور اعمال مدیریت صحیح و برنامه ریزی دقیق مبتنی بر دانسته‌های دمایی، مطالعه رفتار مکانی، زمانی و شرایط جوی همراه با این پدیده ضرورتی اجتناب ناپذیر است. بررسی روزهای گرم، بیشتر در غالب پژوهش‌هایی در چهارچوب بررسی دماهای فرین^۶ (حدی) یا موج‌های گرمایی بوده است. برای نمونه، کامپتلا و روستیکسی^۷ (۱۹۹۸: ۲۱۷) موج گرمایی ماه مارس ۱۹۸۰ را که در مرکز و شمال آرژانتین به مدت دو هفته استقرار داشت، بررسی کردند. در این زمان، کمینه دمای روزانه، بیش از ۲۷ درجه سلسیوس و میانگین دما بیش از ۳۰ درجه سلسیوس بود. بنسل^۸ و همکاران (۲۰۰۱، ۱۹۵۹) در پژوهشی دماهای فرین روزانه را در کانادا بررسی کردند و دریافتند که در دوره ۱۹۹۸-۱۹۰۰ بیشتر دماهای فرین پایین در زمستان، بهار و تابستان و بیشتر فرین‌های بالا در تابستان روی داده‌اند. ایشان همچنین نتیجه گرفته‌اند که تعداد روزهای همراه با گرمایش و سرمایش در سرتاسر کانادا در حال افزایش است. دگاتانو^۹ و آلن^{۱۰} (۲۰۰۲، ۳۱۸۸) صدک ۹۰، ۹۵ و ۹۹ دماهای کمینه و بیشینه روزانه را به عنوان نمایه‌های فرین در سراسر ایالات متحده بررسی کردند. ایشان دریافتند که تغییرات این نمایه‌ها به شدت تحت تأثیر توسعه شهرنشینی در این کشور بوده است. گونگ^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۴) نیز با بررسی روزهای گرم چین طی دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱، نشان دادند که گرمایش این سرزمین توأم با حاکمیت واچرخند بر روی آسیای شرقی و نیز شرایط گرم در نواحی شمالی تر است. همچنین، در شرایط بسیار ناهنجار جابه‌جایی بزرگ مقیاس پرفشار جنب حاره اقیانوس آرام به نواحی

1 - Manton

2 - Degaetano and Allen

3 - Vincent and Mekis

4 - Cueto

5 - Diaz

6 - Extreme

7 - Campetella and Rusticucci

8 - Bonsal

9 - Degaetano

10 - Allen

11 - Gong

شمال غربی تر نقش مهمی دارد. کوتو^۱ و همکاران (۲۰۱۰: ۳۳۵) به بررسی موج‌های گرم و روزهای گرم در شمال مکزیک پرداخته و دریافته‌اند که بیشینه‌های تابستانی از ۱۹۵۱ تا میانه ۱۹۸۰ دارای دوره‌های گرمایشی و سرمایشی هستند و بعد از آن یک روند افزایشی چیره شده است. ایشان همچنین به مدل‌سازی موج‌های گرمایی و پیش‌بینی آن‌ها برای سال-های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ پرداخته‌اند. در همه موارد نتایج نشان‌دهنده افزایش موج‌های مذکور نسبت به دوره آب و هوای ۱۹۹۰-۱۹۶۱ است. دووست^۲ و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی موج گرمایی ۹ روزه ماه آگوست سال ۲۰۰۳ در منطقه پاریس پرداختند. موج گرمایی یاد شده به مرگ ۴۸۶۷ نفر منجر شده است. ایشان به تجزیه و تحلیل فضایی دمای سطح زمین در این مدت پرداخته و دریافته‌اند که تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای بین دمای روزه‌نگام و شب‌هنگام وجود داشته است؛ به این ترتیب که جزیره گرمایی، شب‌هنگام در مرکز شهر قرار داشته است؛ حال آن که در روز ناهنجاری‌های دمای بیشتر در حومه صنعتی پراکنده بوده‌اند. از سوی دیگر، بیشترین آمار مرگ و میر نیز در ارتباط با توزیع فضایی گرما در شب بوده است. رادینوویچ^۳ و کریک^۳ (۲۰۱۲) در پژوهشی بر روی سه ایستگاه هواشناسی در صربستان، اظهار داشتند: شاخص‌هایی که با آستانه‌های ثابت، برای مطالعه موج‌های گرمایی و سرمایی ارائه شده‌اند، ویژگی‌های لازم برای مقایسه نقاط جغرافیایی متفاوت را ندارند. به اعتقاد ایشان، مقدار حداکثر دمای روزانه از یک توزیع بهنجار پیروی می‌کند. استخراج آستانه‌ای آماری از یک توزیع مشخص، از آن جهت ارزشمند است که به وسیله آب و هوای مشخصی نیز رقم خورده و در نتیجه امکان مقایسه بین نواحی مختلف را فراهم می‌کند. کاربرد چنین معیاری بر روی یک سری زمانی همگن از داده‌های دمای به شناسایی سه ناحیه جغرافیایی متفاوت منجر شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که فراوانی موج‌های گرمایی نسبت به دوره آب و هوای ۱۹۹۰-۱۹۶۱ افزایش داشته است. از مطالعات انجام شده در مورد روزهای گرم ایران می‌توان برای مثال به تحقیق براتی و موسوی (۱۳۸۴: ۴۱) اشاره کرد. ایشان جابه‌جایی مکانی موج‌های زمستانی گرما را در ایران بررسی کردند و دریافته‌اند که شدت روند افزایشی دما در نواحی کوهستانی و برفگیر شمال غربی و تا حدودی غربی بیش از جنوب کشور است. فرج زاده و دارند (۲۸:۱۳۸۷) رابطه مرگ و میر و دما را در شهر تهران بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ بررسی کردند. این پژوهش نشان داد که دمای کمینه مرگ و میر در تهران ۲۸/۵ درجه سلسیوس است و هرچه دما کمتر یا بیشتر از این اندازه باشد، بر شمار مرگ و میر افراد افزوده می‌شود. علیجانی (۱۳۹۰: ۹)، به تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه ایران پرداخته، دریافت که بحران‌های دمایی بالا در سواحل جنوب و مناطق مرکزی محتمل‌تر است. یزدان پناه و عزیززاده (۱۳۹۰: ۵۱)، احتمال رخداد موج‌های گرمایی با تداوم‌های مختلف در شهر کرمان را با استفاده از زنجیره مارکوف و دمای بیشینه روزانه، در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۸۶ بررسی کردند. ایشان همچنین دریافته‌اند که بیشترین موج‌های گرمایی در ماه‌های آوریل و می رخ داده است.

اهمیت روزهای گرم سبب شده تا علاوه بر پژوهش‌های یاد شده، برخی رساله‌های دکترا و پایان‌نامه‌های کارشناسی ارشد در کشور نیز به این موضوع اختصاص یابد. برای نمونه، اسماعیل نژاد (۱۳۹۱) با استفاده از داده‌های شبکه‌ای دمای

1 - Cueto

2 - Dousset

3 - Radin ović and Ćurić

بیشینه کشور به بررسی موج‌های گرمایی ایران از سال ۱۳۴۰ تا پایان ۱۳۸۲ پرداخته است. ایشان روند موج‌های گرمایی، تداوم‌های مختلف آن‌ها، ارتباط موج‌های گرم با بارش‌های سنگین و ارتباط موج‌های گرم با الگوهای همدید را بررسی کرده‌اند. شادمان (۱۳۹۱) موج‌های گرمایی فراگیر ایران زمین از ابتدای سال ۱۳۴۰ تا انتهای سال ۱۳۸۶ را با استفاده از داده‌های شبکه‌ای دمای بیشینه کشور بررسی کرده است. در پژوهش یاد شده ویژگی‌های زمانی- مکانی و احتمال رخداد روزهای گرم و روزهای گرم فراگیر کشور، همچنین الگوهای همدید همراه با روزهای گرم فراگیر مورد توجه قرار گرفته است. ایشان همچنین الگوهای همدید همراه با موج‌های گرمایی ۲ تا ۷ روزه کشور را بررسی کرده است. در پژوهش حاضر تلاش می‌شود، بیشینه داده‌های در دسترس و بر اساس تعریف قابل قبول از «روز گرم»، روزهای گرم فراگیر ایران شناسایی شوند. سپس بر اساس روش‌های معتبر آمار کلاسیک و آمار مکانی، مشخصات فضایی روزهای مذکور بررسی گردد.

داده‌ها و روش پژوهش

در این پژوهش از پایگاه داده شبکه‌ای دمای بیشینه کشور استفاده شده است. این داده‌ها حاصل میان‌یابی مشاهدات روزانه از ابتدای سال ۱۳۴۰ تا انتهای سال ۱۳۸۶ است. داده‌های مذکور از دو منبع به دست آمد: ابتدا از داده‌های شبکه‌ای پایگاه داده اسفزاری ویرایش نخست که در دانشگاه اصفهان و به وسیله دکتر سید ابوالفضل مسعودیان طراحی گردیده، بهره برده‌ایم. داده‌های شبکه‌ای دمای روزانه ایران که از این پایگاه داده برداشت شده است، دارای تفکیک زمانی روزانه و از ۱۳۴۰/۰۱/۰۱ تا ۱۳۸۳/۱۰/۱۱ است. تفکیک مکانی داده‌ها 15×15 کیلومتر است. با توجه به مشخصات یاد شده سراسر ایران، با 7187 یاخته (پیکسل^۱) پوشیده می‌شود. براین اساس، داده‌های شبکه‌ای دمای ایران، آرایه‌ای (ماتریسی^۲) است به ابعاد 7187×15992 که با آرایش گاه‌جای^۳ (زمان بر روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها) چیده شده است. درایه‌های^۴ (عناصر) این آرایه به کمک داده‌های دمای 664 ایستگاه (همدید و آب و هوای) و با روش میان‌یابی کریگینگ برآورد شده است (شکل ۱ الف). برای تکمیل این پایگاه داده، 1174 روز مشاهدات دما از تاریخ $1383/10/12$ تا $1386/12/29$ از تعداد 235 ایستگاه همدید و آب و هواشناسی که در شکل (ب) ارائه شده است، به آرایه فوق افزوده گردید. بدین ترتیب، آرایه نهایی به دست آمده با 17166 سطر و 7187 ستون حاصل شد. بنابراین گستره ایران زمین با 7187 یاخته پوشیده شده و هر یاخته برای هر روز دارای یک ارزش کمی از دمای بیشینه است. داده‌هایی که در بالا از آن‌ها یاد شد، مبنای تعریف روز گرم بوده است. نمایه‌های مختلفی برای تعریف روز گرم ارائه شده است. برای نمونه، کاویانی و علیجانی (۱۳۷۸: ۴۴۸) روز گرم را روزی می‌دانند که حداکثر دمای آن روز حداقل 30 درجه سلسیوس باشد. با وجود این، بسیاری از اندیشمندان بر این باورند که نمایه‌های فرین و از جمله روز گرم تابع الگوی جغرافیایی و در زمان و مکان از ویژگی‌های مختلفی برخوردار است. بدین دلیل، کمیته مشترک آب و

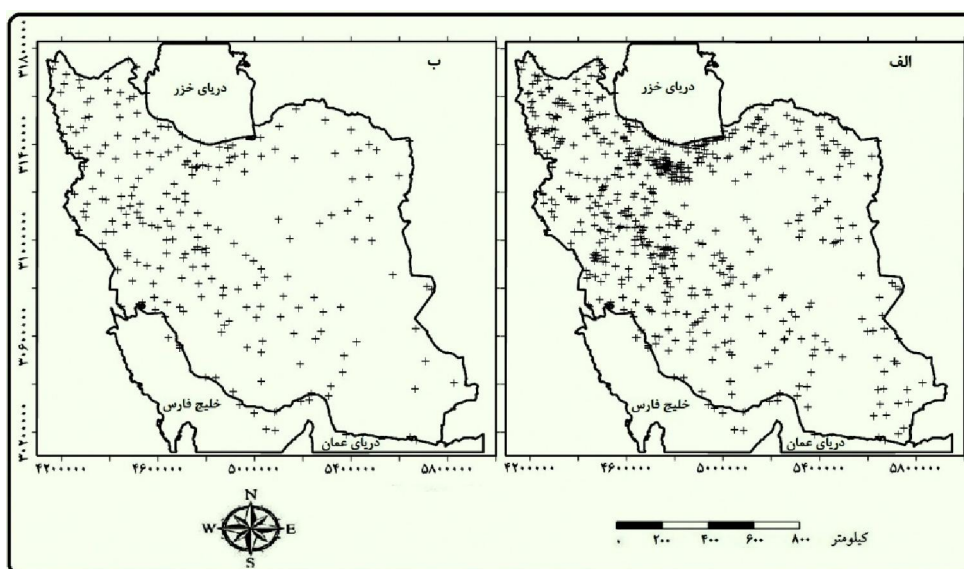
1 - Pixels

2 - Matrix

3 - S- Mode

4 - Elements

هواشناسی سازمان جهانی هواشناسی (CCL)^۱ برنامه پژوهش در آب و هوا جهان (WCRR)^۲ مربوط به پروژه قابلیت پیش‌بینی و تغییرپذیری آب و هوا (CLIVAR)^۳ متشکل از گروه متخصصان پیش‌بینی، پایش و نمایه‌های تغییر آب و هوا (ETCCDMI)^۴ به منظور مطالعه و تعیین نمایه‌های فرین آب و هوای در سال ۱۹۹۸ شکل گرفت. تشکیلات مذکور روز گرم را برای هر نقطه، برابر با دمای بیشینه هر روزی می‌داند که از صدک ۹۰ دما در آن نقطه بیشتر باشد. در تحقیق حاضر، روز گرم به عنوان روزی تلقی شد که دمای هر یاخته در نقشه و در هر روز، از صدک ۹۰ آن نقطه و آن روز بیشتر باشد. در این حالت، هر روز و هر نقطه در کشور حاوی یک آستانه برای تعریف روز گرم بوده است.



شکل ۱) پراکنش ایستگاه‌های به کار رفته در تهیه پایگاه داده اسفزاری (الف) و تکمیل آن (ب).

به منظور شناسایی روزهای گرم، دمای هر روز بر روی هر یاخته با دمای صدک نود آن یاخته در همان روز مقایسه شد. روزهایی که دمای آن‌ها برابر یا بیش از آستانه مذکور بود، به عنوان روز گرم تلقی گردید. شایان ذکر است که در هر نقطه و هر روز، آستانه و به تبع آن دمای روز گرم با نقاط دیگر متفاوت است. بدین ترتیب، ۳۶۶ نقشه آستانه تولید شد. سپس یاخته‌های نقشه هر روز با یاخته‌های متناظر با نقشه آستانه روز متناظر مقایسه گردید. در هر روز نقاطی که دمای آن‌ها از دمای نقطه متناظر در نقشه آستانه همان روز بالاتر بود، به عنوان یاخته‌ای با روز گرم تلقی گردید. نسبت یاخته‌های توأم با روز گرم به کل یاخته‌ها سنجیده شد و بدین ترتیب، گستره توأم با روز گرم استخراج گردید.

به منظور تحلیل فضایی روزهای گرم فراگیر، تعریف شرایط «فراگیر» برای انجام تحقیق ضروری است. در این جا منظور از رویداد فراگیر، رویدادی است که رخداد آن حاصل سامانه‌های بزرگ جوئی باشد. برای شناسایی رویداد فراگیر، از تابع خودهمبستگی بهره گرفته شد. برای تحلیل خودهمبستگی شمار روزهای گرم، ابتدا تعداد روزهای گرم برای گستره‌های مختلف در هر سال محاسبه شد. بنابراین، مثلاً تعداد روزهای گرم در گستره ۲۰-۱۰ درصد از کشور

1 - The Joint World Meteorological organization commission for climatology
 2 - World Climate Research Program
 3 - Climate Variability and Predictability
 4 - Expert Team on Climatic Change Detection, Monitoring and Indices

برای هر سال محاسبه و سری زمانی آن تنظیم و سپس خودهمبستگی این سری زمانی محاسبه شد. قاعدتاً گستره های کم وسعت توأم با روزهای گرم باید رفتاری تصادفی نشان دهند؛ زیرا رویدادهای مذکور بر اساس عوامل محلی و نافرگیر به وجود می آیند. همچنین، رویدادهای بسیار فراگیر نیز چنین رفتاری دارند؛ با این تفاوت که رویدادهای بسیار فراگیر طبیعتاً به وسیله سامانه های همدید ایجاد می شوند. بنابراین، در حد فاصل این مقادیر، رویدادهای منتظم و خودهمبسته ای وجود دارند که آب و هوا همدید مولد آن هاست. بررسی ها نشان داد که خودهمبستگی در مرتبه هایی برای گستره ۳۰ درصد و بیشتر به لحاظ آماری معنی دار است. بنابراین، فراوانی رخداد روزگرم در گستره های مذکور روزگرم فراگیر تلقی می شود. از این رو و طبق تعریف در این نوشتار، روزگرم فراگیر به روزی اطلاق می شود که حداقل ۳۰ درصد از گستره کشور، دمایی برابر با یا بیشتر از صدک ۹۰ دمایی بیشینه هر نقطه را تجربه کرده باشد. بر اساس این تعریف، طی دوره آماری مورد بررسی، ۱۵۳۷ روز، گرمای فراگیر بر کشور حاکم بوده است.

در مرحله بعد گرانیگاه (مرکز میانگین^۱) روزهای گرم فراگیر، بررسی و مختصات طولی (x_c) - عرضی (y_c) آن ها براساس رابطه های زیر برآورد گردید:

$$y_c = \frac{\sum_{i=1}^n T_i y_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad x_c = \frac{\sum_{i=1}^n T_i x_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (1)$$

در این رابطه T_i دمایی یاخته توأم با روزگرم در مختصات طولی و عرضی x_i و y_i است.

در مرحله بعد آزمون روابط فضایی گرما بررسی شد. با توجه به قانون جغرافیایی «اصل نزدیکی - همانندی»؛ آزمون خودهمبستگی فضایی رویدادها و پدیده های آب و هوای می تواند حاوی اطلاعات ارزشمندی باشد (عساکره و سیفی پور ۱۳۹۱: ۱۹). برای مثال، رابطه فضایی معنی دار بیانگر ارتباط همسایگی معنی دار بین نواحی مجاور است. شناسایی این روابط می تواند در تشخیص مرزهای آب و هوای و نیز تعیین اثر عوامل مکانی بر رفتار پدیده ها و سامانه های جوی حائز اهمیت و فایده بسیاری باشد. از این رو، با استفاده از آماره «مورن کلی»، «مورن محلی» و «گتیس - اُرد (جی استار)» الگوی پراکنش فضایی (خوشه ای، پراکنده، تصادفی) و کانون های گرم و سرد روزهای گرم فراگیر، برای پهنه کشور برآورد، شناسایی و تحلیل شد. نمایه های یاد شده ابزاری برای شناسایی روابط فضایی مشاهدات هستند.

نمایه مورن کلی، یکی از نمایه های پر کاربرد برای برآورد میزان پراکنش یا تجمع پدیده های مکانی و آزمون تمرکز (خوشه ای بودن) مکانی رویدادها در برابر «فرض مقابل» است (هانینگ^۲ ۲۰۰۴: ۲۴۳). این نمایه برای یاخته های پایگاه داده ای مورد استفاده در تحقیق حاضر به کار گرفته شد. نمایه مذکور از رابطه (۲) قابل برآورد است (دی و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۵۲ - ۲۵۱):

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

1 - Mean Center
2 - Haining

در این رابطه، n تعداد یاخته‌ها، x_i اندازه مشاهده شده بر روی یاخته i ام، \bar{x} میانگین آنهاست. w_{ij} اندازه وزن متعلق به سلول i و j است که بر اساس مجاورت برآورد شده و نشان دهنده میزان وابستگی فضایی است. مجموع وزن‌ها در ماتریس وزن‌های $\{w_{ij}\}$ گویای اندازه مجموعه روابط فضایی مفروض بین نواحی است (هائینگ^۱: ۲۰۰۴: ۲۴۳) که به روش‌های مختلفی قابل محاسبه‌اند. یکی از راه‌ها، به کارگیری وزن‌هایی با ارزش صفر و یک (دودویی) است. در این حالت، اگر نواحی i و j هم‌مرز باشند، $w_{ij} = 1$ و در غیر این صورت $w_{ij} = 0$ خواهد بود. هم‌مرز بودن به معنی اشتراک حداقل در یک نقطه یا داشتن مرز مشترک است. بنابراین، چنانچه i و j همسایه باشند، مقادیر i و j از میانگین متغیر قابل مقایسه هستند. به عبارت دیگر، در صورت وجود انحرافات از میانگین بین دو نقطه مجاور، مجموع انحرافات در صورت کسر رابطه (۲) و به تبع آن مقدار I عددی بزرگ و مثبت خواهد بود. در حالت دیگر، اگر مقدار انحراف از میانگین در یک نقطه مثبت و در نقطه مجاور کمتر از میانگین باشد، نتیجه رابطه (۲) عددی منفی خواهد بود. بنابراین و چنانکه از فرمول (۲) قابل استنباط است، آماره مورن کلی مانند ضریب خودهمبستگی بین $+1$ و -1 بوده تفسیر مشابهی دارد. مقادیر نزدیک به $+1$ گویای الگوی مکانی قوی است (مقادیر بزرگ نزدیک یکدیگر و مقادیر کوچک نیز نزدیک هم هستند). مقادیر نزدیک -1 گواهی بر خودهمبستگی مکانی منفی بوده، گویای این است که مقادیر با ارزش بالا نزدیک مقادیر با ارزش کم هستند (وضعیت نادر) و در نهایت، مقدار نزدیک صفر، عدم الگوی مکانی (تصادفی بودن) را گواهی می‌دهد. بنابراین، اگر مقادیر آماره برای دو نقطه مجاور مثبت یا منفی باشد، به معنی این است که مقادیر دو نقطه مذکور بالاتر یا پایین‌تر از میانگین هستند. حال اگر یک نقطه با مقدار کمتر از میانگین و نقطه مجاور فراتر از میانگین باشد، همبستگی مکانی منفی است (گیل^۲ و همکاران ۲۰۰۷: ۳۲۸).

بیش از آنکه آماره مورن اهمیت داشته باشد، معنی داری آن از ارزش برخوردار است. در واقع، آزمون معنی داری این آماره تحت فرض صفر (عدم خودهمبستگی فضایی) قادر است توزیع مکانی رویدادها را بهتر بیان دارد. تحت این فرض، آماره مورن کلی برابر با $\frac{-1}{N-1}$ خواهد بود. در این صورت، توزیع مشاهدات رویداد مورد بررسی، تصادفی خواهد بود. برای برآورد معنی داری این آماره، نمره Z استاندارد شده آن از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (دی و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۵۲):

$$Z(I) = \frac{I - E(I)}{s(I)} \quad (3)$$

در این رابطه $E(I)$ و $s(I)$ به ترتیب امید ریاضی (میانگین) و انحراف معیار آماره مورن کلی است. سپس نمره Z ، در یک سطح اطمینان دلخواه ارزیابی می‌شود. برای مثال، برای سطح اطمینان ۹۵ درصد، آماره Z در بازه $\pm 1/96$ است. بنابراین، اگر قدر مطلق نمره Z مشاهده شده ($Z(I)$) بزرگ‌تر از نمره بحرانی ($\pm 1/96$) باشد؛ فرض صفر در سطح اطمینان مذکور رد شده و معنی داری روابط قابل استنباط خواهد بود.

توجه کنید که نمایه مورن کلی الگوی عمومی رویدادها را بررسی می‌کند؛ اما هیچ مشخصه‌ای از موقعیت فضایی آن‌ها ارائه نمی‌کند. به منظور شناسایی الگوی توزیع مکانی مشاهدات از نمایه مورن محلی به شرح رابطه ۴ می‌توان

استفاده کرد.

$$I_i = x_i \sum_{j=1, j \neq i}^N w_{ij} x_j \quad (4)$$

نمادهای این رابطه مانند آماره مورن کلی (رابطه ۲) است. نتایج آماره مورن محلی به وسیله نمره‌های Z آزمون می‌شود. با در نظر گرفتن یک سطح اطمینان دلخواه، در صورتی که آماره مورن محلی برای هر یاخته مفروض (I_i) معنی‌دار و مثبت باشد، مقادیر یاخته I_i با یاخته‌های همسایه شباهت داشته، بیانگر وجود همبستگی فضایی مثبت است و اگر (I_i) یک رقم مثبت و بزرگ باشد، بیانگر الگوی خوشه‌ای است؛ حال آن که اگر اندازه (I_i) منفی و معنادار باشد، ارزش یاخته I_i با یاخته‌های همسایه آن تفاوت خواهد داشت. در واقع، با استمداد از این آماره، محل قرار گرفتن خوشه‌ها قابل ردیابی است.

گنیس و اُرد (۱۹۹۱) برای شناسایی بزرگی مقادیر الگوهای فضایی، آماره جی استار (G^*) را پیشنهاد دادند. این آماره از مجموع ارزش‌های موزون یاخته‌ها در فاصله مشخص (d) از یاخته i ام نسبت به مجموع ارزش‌های تمامی یاخته‌ها و با رابطه ۵ محاسبه می‌شود (فیشر^۱ ۲۰۰۶: ۲۳).

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_{j=1}^N w_{ij}(d) x_j}{\sum_{j=1}^N x_j} \quad (5)$$

بدیهی است که نسبت‌های کوچک از این آماره گویای سهم کمتر خوشه‌ها در پهنه است و نسبت‌های بزرگ گواهی بر نقش مقادیر بزرگ در تکوین خوشه‌هاست. در این رابطه، $w_{ij}(d)$ وزن غیر صفر یاخته‌های همسایه است که از مرکز یاخته i ام به اطراف کاسته می‌شود. نمره Z استاندارد شده این آماره ساده‌تر و تعبیر آن ملموس‌تر است. این نمره به شرح رابطه (۶) محاسبه می‌گردد:

$$Z_i(d) = \frac{G_i^*(d) - E(G_i^*(d))}{\sqrt{\text{var}(G_i^*(d))}} = \frac{\sum_j w_{ij}(d) x_j - w_i^* \bar{x}}{s \sqrt{\frac{w_i^*(n - w_i^j)}{n - 1}}} \quad (6)$$

در رابطه یاد شده داریم:

$$s^2 = \sum_{j=1}^N \frac{x_j^2}{n - \bar{x}^2} \quad w_i^* = \sum_{i=1}^N w_{ij}(d) \quad (7)$$

مقادیر مثبت و معنی‌دار $Z_i(d)$ ، نشان دهنده مقادیر بزرگ با الگوی خوشه‌ای شدید و برای اندازه‌های منفی و معنی‌دار $Z_i(d)$ ، مقادیر کوچک با الگوی فضایی خوشه‌ای خواهد بود. به این ترتیب، می‌توان خوشه‌های معنی‌دار دارای ارزش‌های بالا (نقاط داغ)^۲ و پایین (نقاط سرد)^۳ را مشخص کرد. اندازه‌های نزدیک به صفر $Z_i(d)$ نشان دهنده عدم تمرکز مقادیر است (دی و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۵۳). بنابراین، آماره مذکور برای بیان شیب تغییرات مکانی از اهمیت

1 - Fischer
2 - Hot Spots
3 - Cold Spots

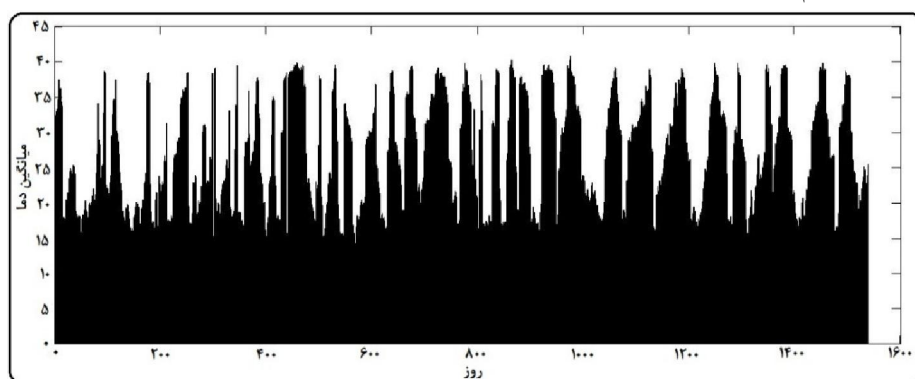
زیادی برخوردار است (هانینگ ۲۰۰۴: ۲۴۳).

در تحقیق حاضر، ضمن توجه به معنی داری روابط بالا، فراوانی و میانگین دمای ۱۵۳۷ روز توأم با گرمای فراگیر بر اساس روش‌های فوق و نیز با استمداد از نرم‌افزارهای سورفر^۱، متلب^۲ و نیز به وسیله نرم افزار آرک جی آی اس^۳ و بهره‌گیری از امکانات برنامه‌نویسی در محیط آن‌ها انجام شده است.

یافته‌های پژوهش

توزیع زمانی - مکانی روزهای گرم

شکل ۲ میانگین دمای ۱۵۳۷ روز گرم ایران را نشان می‌دهد. متوسط دمای روزهای گرم حدود ۲۶/۷ درجه سلسیوس و در دامنه‌ای بزرگ (از ۱۳/۷ تا ۴۰/۷ درجه سلسیوس) تغییر می‌کرده است. این دامنه بزرگ به دلیل تعریف نسبی از روز گرم است؛ زیرا براساس این تعریف اولاً روز گرم برای تمامی نقاط کشور براساس آستانه دمایی هر نقطه تعریف شده است. بنابراین، دمای روز گرم در نواحی سرد بسیار کمتر از دمای روز گرم در نواحی گرم است؛ دوم این که حتی در ماه‌های سرد سال نیز روز گرم محتمل است. بدیهی است که در این ماه‌ها، میانگین دما کمتر از میانگین دمای روزهای گرم در ماه‌های گرم سال است.



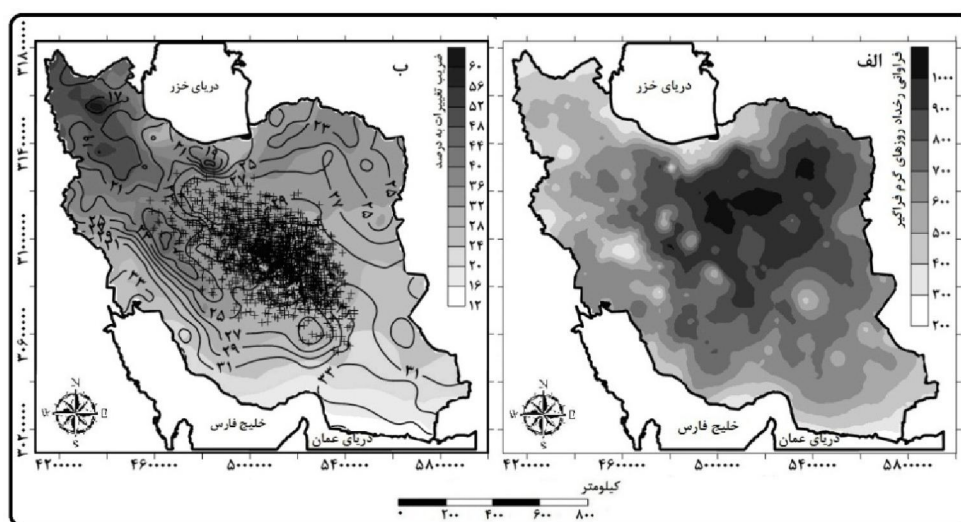
شکل ۲) میانگین دمای روزهای گرم فراگیر ایران زمین

توزیع ماهانه شمار روزهای گرم در دو مقیاس ماه‌های خورشیدی و میلادی را می‌توان در جدول (۱) مشاهده کرد. می‌توان دید رخداد روزهای گرم در تمامی ماه‌ها از جمله در ماه‌های سرد سال و نیز ماه‌های فصل بهار بیش از ماه‌های گرم بوده است.

جدول (۱) توزیع ماهانه روزهای گرم فراگیر در کشور طی دوره آماری

اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین
۱۵۹	۱۶۸	۱۶۷	۱۳۶	۱۲۷	۱۰۹	۷۵	۸۷	۷۱	۱۱۶	۱۵۳	۱۶۹
دسامبر	نوامبر	اکتبر	سپتامبر	اگوست	جولای	جون	می	آوریل	مارس	فوریه	ژانویه
۱۶۴	۱۲۷	۱۲۳	۷۳	۸۷	۶۷	۱۰۱	۱۴۶	۱۵۴	۱۷۶	۱۵۶	۱۶۳

شکل (۳) توزیع مکانی فراوانی رخداد، میانگین، ضریب تغییرات و گرانیگاه روزهای گرم را برای ۱۵۳۷ روز در گستره کشور نشان می‌دهد: شکل (۳- الف) توزیع مکانی فراوانی روزهای گرم را برای ۱۵۳۷ روز ارائه کرده است. تفاوت مکانی فراوانی روزهای گرم، بیانگر این واقعیت است که پهنه‌های زیر پوشش گرما در زمان‌های مختلف، متفاوت بوده است. می‌توان دید که به طور کلی کرانه‌های شمالی و جنوبی کشور به همراه شمال غرب و نواحی غربی در قیاس با نواحی دیگر کشور، روزهای گرم کمتری (کمتر از ۴۰۰ روز) را طی دوره توأم با گرمای فراگیر تجربه کرده‌اند. کمترین فراوانی رویداد این پدیده در کرانه‌های دریای عمان (کمتر از ۳۰۰ روز) رخ داده است. این وضعیت را می‌توان به افزایش ضخامت جو در این نواحی و به تبع آن کاهش نفوذ تابش خالص و نیز نقش تعدیل‌کننده پهنه‌های آبی مجاور و خاصیت بازتابش آن‌ها نسبت داد (علیچانی ۱۳۷۴: ۱۷-۱۵). هسته‌های بیشینه به شکل سه کانون جداگانه یکی در استان خراسان رضوی و دیگری در استان‌های سمنان، اصفهان و یزد و کانون سوم به شکل یک هسته بسیار کوچک در غرب اصفهان (۹۰۰ تا بیش از ۱۵۰۰ روز) جای دارند. به طور کلی، به سمت نواحی مرکزی و شمال شرق، شمار روزهای گرم افزایش می‌یافته است.



شکل (۳) فراوانی روزهای توأم با گرمای فراگیر در ایران زمین (الف)، میانگین دما و گرانیگاه آن‌ها (ب) طی دوره مورد بررسی

شیب تغییرات فراوانی روزهای گرم در دامنه‌های جنوبی البرز و نیز در شرق زاگرس بیش از دیگر نواحی است. افزایش شیب تغییرات در برخی نواحی نظیر دامنه‌های جنوبی البرز نشان‌دهنده فزونی اثر ناهمواری‌ها بر رخداد روزهای گرم است. کاهش این شیب در نواحی مرکزی گویای تمرکز بیشتر روزهای گرم در این ناحیه است. از این وضعیت می‌توان استنباط کرد که در هر جای کشور روز گرم رخ داده است و ناحیه مورد بحث نیز (چه بسا به صورت محلی) با گرما مواجه شده است. بنابراین، سامانه‌های مولد روزهای گرم، در نواحی داخلی کشور از شرایط مناسب تری برخوردار بوده‌اند. در این زمینه کاهش رطوبت جو نواحی داخلی در رخداد این روزها قابل تأمل است.

مرز ۵۰۰ روز توأم با گرما دو ناحیه را در بر می‌گیرد: نخست یک پهنه پیوسته در شامل شرق دریای خزر تا شمال غرب کشور است که با جهتی شمالی جنوبی تا شمال کردستان پیش می‌رود. ناحیه دیگر به صورت پراکنده در غرب کشور (بخش‌هایی از استان‌های کرمانشاه، کردستان، ایلام، لرستان و همدان) در امتداد زاگرس به سمت جنوب و در قسمت‌های جنوبی کشور (در استان بوشهر و غرب هرمزگان تا جنوب شرق کشور) دیده می‌شود.

شکل (۳ - ب) توزیع زمانی میانگین دمای روزهای توأم با گرمای فراگیر را نشان می‌دهد. پس زمینه تیره - روشن ضریب تغییرپذیری دمای روزهای گرم را طی ۱۵۳۷ رخداده مورد بحث نشان می‌دهد. همچنین، گرانیگاه گرما طی ۱۵۳۷ روز توأم با گرما براساس رابطه (۱) به وسیله علامت + نشان داده شده است. طبق تعریف، این روزها برای هر یک از یاخته‌ها در ماه‌ها و سال‌های مختلف رخ داده‌اند. بنابراین، ممکن است روز گرمی مثلاً در ماه دی و در شمال غرب کشور رخ داده؛ ولی در بخش‌های دیگر کشور شرایط بهنجار بوده باشد. چه بسا دمایی بهنجار در ماه دیگری رخ دهد که از روز گرم دی‌ماه بالاتر باشد؛ اما یک روز گرم به شمار نیاید. از این رو، نقشه ارائه شده میانگین (آب و هوای) و تصویری کلی برای روزهای گرم هر نقطه ارائه می‌کند.

روند کلی میانگین دمای روزهای گرم در غرب و جنوب غرب ایران در قیاس با بخش‌های دیگر کشور از آرایش و جهت‌گیری ناهمواری‌ها تبعیت بیشتری دارد. با توجه به این امر چنانچه فرض بر این باشد که سامانه‌های گرم‌آزا در نواحی جنوبی تکوین می‌یابند، می‌توان استنباط نمود که این سامانه‌ها در بخش‌های جنوبی در برهم کنش با شرایط توپوگرافیک بوده؛ ولی با گسترش آن‌ها به سمت مرکز کشور، مستقل از ناهمواری‌ها عمل می‌کنند؛ زیرا همدم‌ها در مرکز کشور از الگوی منتظم و منظمی برخوردار نیستند. تنها نظم موجود در مرز این ناحیه با نواحی کوهستانی شمال و به ویژه غرب کشور است. نقش ارتفاعات محلی، نظیر: سهند، سبلان، دماوند، هزار، لاله زار و زردکوه بختیاری در کاهش میانگین دمای روز گرم بسیار چشمگیر است. در شمال شرق کشور بسان شمال غرب ایران، انعکاس توأم ارتفاع و عرض جغرافیایی در آرایش همدم‌ها مشهود است.

ضریب تغییرپذیری میانگین دمای روزهای گرم فراگیر در پهنه کشور بین ۱۲ تا ۶۴ درصد در تغییر است. کمترین اندازه‌های تغییرپذیری در کرانه‌های دریای عمان دیده می‌شود. بنابراین، در این ناحیه بزرگی میانگین دمای روزهای گرم و نیز بسامد کمتر آن گویای غلبه مقادیر دما در روزهای گرم نسبت به نواحی دیگر است. تغییرپذیری از جنوب و جنوب شرق به سمت شمال و شمال شرق افزایش می‌یابد. نقش ارتفاعات کشور بر افزایش اندازه ضریب تغییرات به خوبی آشکار است. بیشترین اندازه‌های تغییرپذیری به شکل کانون کوچکی در شمال باختری کشور مشاهده می‌شود. به این ترتیب، اندازه‌های میانگین دمای روزهای گرم کشور در نواحی جنوبی از همگونی بیشتر و به سمت نواحی شمالی‌تر به ویژه در ارتفاعات از تغییرات بیشتری برخوردار است. از این وضعیت می‌توان استنباط کرد که روزهای گرم نواحی جنوبی در فصول یکسان رخ می‌دهد، در حالی که نواحی شمالی کشور، این روزها را در فصول و ماه‌های مختلف تجربه کرده‌اند.

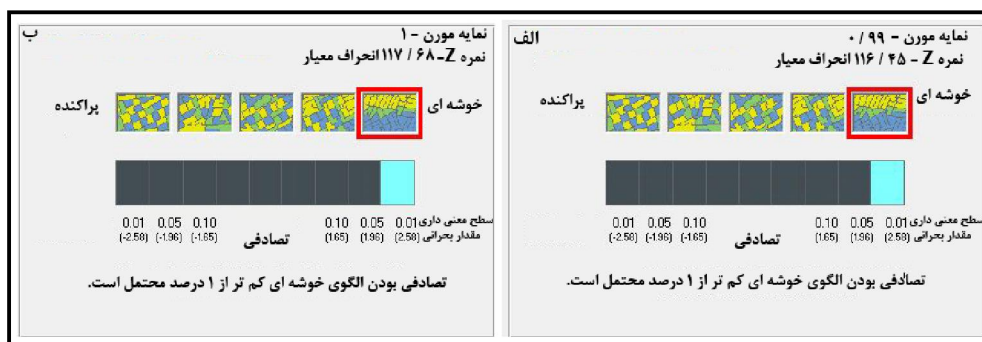
گرانیگاه روزهای گرم فراگیر نقطه تمرکز گرما را در هر یک از روزهای گرم نشان می‌دهد. تحلیل‌ها نشان داد که با افزایش گستره زیر پوشش گرما، گرانیگاه به مرکز کشور نزدیک‌تر می‌شود. شایان ذکر است که تمرکز گرانیگاه‌ها به سمت مرکز کشور بیشتر است. با وجود این، رخدادهای دمایی که بخش‌های مختلف را پوشش دهد و نیز رویدادی که

فراگیر تلقی شود، برای تمامی نقاط کشور محتمل است. از این رو، گرانیگاه‌ها در تمامی جهات کشیده شده‌اند. شایان توجه است که کانون‌های مذکور بعضاً بر چکاد(قله)های زاگرس نیز استقرار یافته‌اند.

روابط مکانی روزهای گرم فراگیر

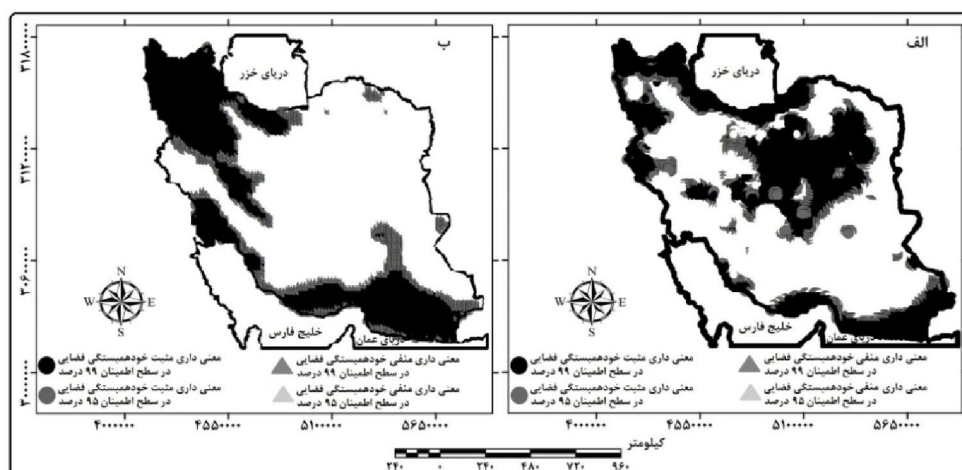
نحوه پراکنش فراوانی و متوسط دمای روزهای گرم کشور بر اساس نمایه مورن کلی (رابطه ۲) برآورد شد. نتیجه ترسیمی و نیز برخی مشخصات مربوط به این آماره در شکل (۴) نشان داده شده است. در این شکل نحوه پراکنش - تجمع رویدادها از حالت «پراکنده» تا «خوشه‌ای» و سطح معنی‌داری (آماره p) و نیز مقادیر بحرانی (آماره Z) برای حالات مختلف به شکل یک نوار ارائه شده است.

اندازه نمایه مورن کلی برای فراوانی روزهای گرم کشور ۰/۹۹ است. آماره Z نیز برابر ۱۱۶/۴۵ است که معنی‌داری آماری این ضریب را در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان می‌دهد. بنابر این، فراوانی روزهای گرم فراگیر ایران دارای خود همبستگی فضایی مثبت بوده، از رفتاری خوشه‌ای برخوردار است. اندازه نمایه مورن کلی برای میانگین دمای روزهای گرم برابر ۱ است. آماره Z برابر ۱۱۷/۶۸ است که معنی‌داری آماری نمایه یاد شده را در سطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌کند. به این ترتیب، تنها یک درصد محتمل است که تمرکز فضایی میانگین دمای روزهای گرم بر اساس تصادف رخ دهد.



شکل (۴) نمایه مورن کلی برای فراوانی (الف) و میانگین دمای (ب) روزهای گرم فراگیر ایران

علی‌رغم آنچه گفته شد، برای تشخیص توزیع مکانی خوشه‌ی مشاهدات، از نمایه مورن محلی استفاده شد. نتیجه بررسی معنی‌داری این آماره در شکل (۵) آمده است:



شکل ۵) معنی داری نمایه مورن محلی برای فراوانی (الف) و میانگین دمای (ب) روزهای گرم فراگیر ایران زمین

شکل (۵-الف) توزیع مکانی مقادیر معنی دار برای نمایه مورن محلی اعمال شده بر فراوانی روزهای گرم را نشان می دهد. نواحی معنی دار در بخش های مختلفی از کشور قابل مشاهده است.

۱- ناحیه گسترده ای از همناوایی فراوانی روزهای گرم در بخش های مرکزی کشور دیده می شود. وجود این ناحیه می تواند در ارتباط با رطوبت کم قسمت های داخلی کشور باشد. همچنین، از بررسی ارائه شده در بخش های قبلی و نیز شکل (۵-الف) به نظر می آید که سامانه های گرم از نواحی داخلی از شرایط توپوگرافی نسبتاً یکسان و همسان تأثیر پذیرفته است. بنابراین، چندان دور از انتظار نیست که یاخته های همسایه در این نواحی از شباهت و هم تغییری بالایی برخوردار باشند. از نکات جالب توجه دیگر، همگونی مرز این خوشه با خط هم ارزش ۹۰۰ روز (شکل ۳) است. به این ترتیب، می توان گفت که نواحی همراه با ۹۰۰ روز گرم فراگیر و بیشتر در کشور از همناوایی برخوردارند.

۲- ناحیه دیگری که در آن یاخته ها دارای خودهمبستگی مثبت فضایی هستند؛ از شرق دریای خزر تا شمال غرب کشور گسترش یافته و سپس با جهتی شمالی جنوبی (بخش هایی از استان های کرمانشاه، کردستان، ایلام، لرستان و همدان) پیش می رود. سه کانون دیگر در امتداد زاگرس به سمت جنوب شکل گرفته؛ ولی به سوی جنوب محدودتر می شوند.

۳- در قسمت های جنوبی کشور یک ناحیه در استان بوشهر شکل گرفته و ناحیه دیگری که از غرب هرمزگان شروع می شود، تا جنوب شرق کشور ادامه دارد. این بخش در بلوچستان گسترش یافته و به سمت شمال این استان تا ایرانشهر پیش می رود.

۴- چند هسته کوچک و پراکنده در استان های سیستان و بلوچستان و خراسان جنوبی شکل گرفته اند. مرز نواحی دوم، سوم و چهارم بر خط هم ارزش ۵۰۰ روز انطباق دارد. بنابراین، نواحی دارای ۵۰۰ روز گرم و کمتر از یک الگوی خوشه ای پیروی می کنند.

این گونه به نظر می رسد که در شکل گیری خوشه شمال-شمال غرب (ناحیه دوم) ناهمواری های این منطقه؛ به ویژه البرز نقش بسیار مهمی ایفا کرده اند؛ حال آنکه در امتداد زاگرس تنها چند خوشه معنی دار قابل مشاهده است. به این

ترتیب، زاگرس در اکثر گستره خود نقشی متفاوت با البرز را ایفا کرده است. این امر احتمالاً بر اثر عملکرد توأم ناهمواری و سامانه‌های همدید ورودی به کشور روی می‌دهد؛ زیرا سامانه‌های توأم با بادهای غربی که عمدتاً از عرض‌های بالا به این ناحیه می‌آیند، تقریباً عمود بر محور زاگرس به کشور وارد می‌شوند و موجب تباین دامنه‌های غربی و شرقی زاگرس می‌گردند؛ حال آن که در نواحی شمالی‌تر سامانه‌های مذکور از عرض‌های نسبتاً برابر در امتداد محور البرز عمل می‌کنند و در راستای طولی شرایطی نسبتاً مشابه زاگرس را ایجاد می‌کنند. عامل دیگری که می‌تواند به این تفاوت منجر گردد، نقش توأم ناهمواری و زاویه تابش است که از جنوب به شمال و همچنین، با تغییر جهت راستای ناهمواری‌ها متفاوت است. در شکل‌گیری خوشه‌های جنوبی نقش رطوبت پهنه‌های آبی خلیج فارس و دریای عمان قابل تأمل است. با وجود این، در بخش‌هایی از کرانه‌ها و پس کرانه‌های خلیج فارس (نیمه غربی سواحل جنوبی) روابط همسایگی معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. بنابراین، وجود خودهمبستگی معنی‌دار و مثبت در چهار ناحیه یاد شده نشان‌دهنده عملکرد توأم عوامل مکانی و همدید در شکل‌گیری روزهای گرم این نواحی است. از این رو، فراوانی رخداد روزهای گرم از الگوی جغرافیایی پیروی می‌کند.

شکل (۵-ب) معنی‌داری آماره مورن را برای میانگین دمای روزهای گرم نشان می‌دهد. آن گونه که دیده می‌شود، دماها در دو گستره از کشور حاوی الگوی خوشه‌ای با همبستگی فضایی بالاست:

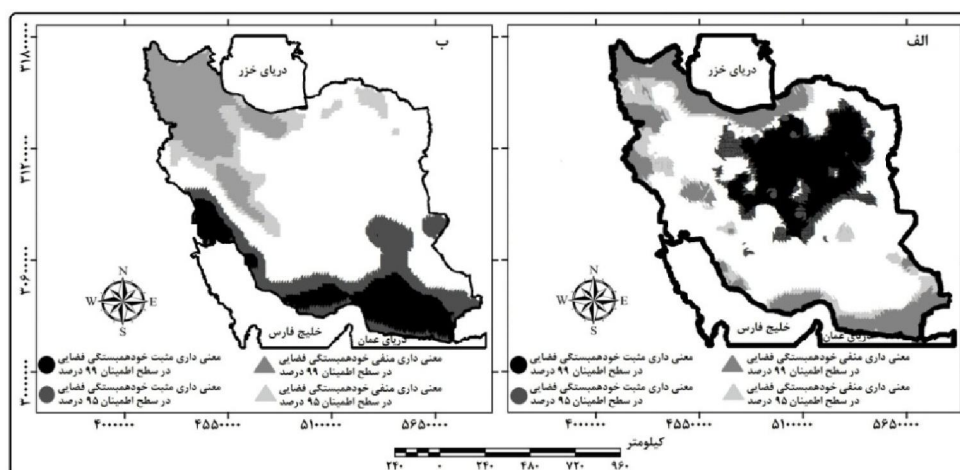
- ناحیه اول از جنوب غرب (بخش وسیعی از خوزستان) تا جنوب شرق کشور (بلوچستان جنوبی) در امتداد سواحل جنوبی کشور و ادامه آن تا جازموریان - شرق استان کرمان و بخش‌های جنوبی دشت لوت یک گستره با خودهمبستگی معنی‌دار را می‌سازد. این گستره از ۹۵ (بخش خاکستری رنگ) تا ۹۹ (بخش سیاه) درصد اطمینان، معنی‌داری را نشان می‌دهد. این بدان معنی است که در نواحی مشخص شده، میانگین دمای روزهای گرم از هم‌نواپی برخوردارند. به خوبی می‌توان استنباط کرد که در بخش زیادی به ویژه در سواحل، این وضعیت بر اثر رطوبت خلیج فارس و دریای عمان است. به عبارت دیگر، در این ناحیه، وجود رطوبت بالا عامل اصلی هم‌نواپی دماست؛ حال آن که به سمت دشت لوت، کاهش رطوبت و ارتفاع نسبت به پیرامون چنین نقشی را مهیا کرده است. از این رو، میزان معنی‌داری آن در قیاس با سواحل کمتر است. نکته جالب توجه این که مرز این ناحیه منطبق بر منحنی هم‌دما ۳۱ درجه سلسیوس است (رک: شکل ۳-ب). به این ترتیب، دماهای بیش از ۳۱ درجه سلسیوس در کشور از الگوی خوشه‌ای برخوردارند. شایان توجه است که میانگین دما در خوشه فراوانی که در ایران مرکزی شکل گرفته بود (شکل ۵-الف) فاقد الگوی خوشه‌ای معنی‌داری است. این وضعیت گویای ناهمسانی و بی‌نظمی دمایی متوسط گرما طی روزهای گرم است که در بخش‌های پیشین نیز از آن یاد شد. یک ناحیه کوچک معنی‌دار در حدود شهرستان خاش دیده می‌شود. در این ناحیه فقدان رطوبت و ارتفاع کم می‌تواند عامل تعیین‌کننده در هم‌نواپی میانگین دمای روزهای گرم باشد. این ناحیه نیز با خط هم‌دما ۳۱ درجه سلسیوس مشخص می‌شود.

ناحیه دوم از شمال باختری کشور شروع شده و در امتداد بلندی‌های البرز و زاگرس به سمت شرق و جنوب ایران گسترش می‌یابد. این ناحیه همچنین کرانه‌ها و پس کرانه‌های خزر را دربرمی‌گیرد. مرز شمالی آن در بسیاری مناطق با دامنه‌های جنوبی و جنوب غربی البرز محدود می‌شود. این ناحیه تمامی شمال غرب ایران، زاگرس شمالی و زاگرس مرتفع را دربرمی‌گیرد. در این جا نیز برای زمین‌های جلگه‌ای شمال کشور رطوبت بالا را می‌توان عامل مهمی در

همنوایی متوسط دمای روزهای گرم دانست؛ حال آن که در ارتفاعات، کاهش رطوبت و نیز کاهش ضخامت تروپوسفر را می‌توان دو عامل اصلی در همنوایی مکانی متوسط دمای روزهای گرم تلقی کرد. علاوه بر مناطق یاد شده، چند ناحیه کوچک معنی‌دار در شمال شرق کشور (در محدوده دمایی ۲۳-۲۲ درجه سلسیوس) مشاهده می‌شود که شکل‌گیری آن‌ها را نیز می‌توان با عامل ارتفاع و رطوبت توجیه کرد. آن‌گونه که دیده می‌شود، خود همبستگی فضایی مشاهدات در هیچ‌جا کشور منفی نیست.

به منظور شناخت نقاط داغ و نقاط سرد، آماره G^* محاسبه و در شکل (۶) ارائه گردید. شکل (۶-الف) این آماره را برای فراوانی روزهای گرم و شکل (۶-ب) برای متوسط دمای روزهای گرم نشان می‌دهد:

آن‌گونه که پیشتر گفته شد، نه تنها بیشترین فراوانی روزهای گرم فراگیر در نواحی مرکزی و بخش‌هایی از شمال شرق کشور رخ داده است؛ بلکه در این نواحی روابط همسایگی قوی و یک الگوی خوشه‌ای قابل مشاهده است. بنابراین، ترکیب دو ویژگی محیطی یاد شده سبب شده تا خوشه‌های با ارزش‌های بالا برای فراوانی روزهای گرم در دو منطقه: اول ناحیه گسترده مرکزی و بخش‌هایی از شمال شرق و دوم ناحیه کوچکی در استان فارس جای گیرند. این موضوع را نمایه G^* ارائه شده در شکل (۶-الف) به لحاظ آماری تأیید می‌کند. به این ترتیب، در این دو ناحیه یاخته-های مجاور ضمن پیروی از یک الگوی خوشه‌ای دارای ارزش‌های بالایی از نظر شمار روزهای گرم و نیز برد مکانی گسترده هستند. دیگر خوشه‌های معنی‌دار بر اساس انتظار اولیه حاوی ارزش‌های پایین هستند. این نواحی شامل سواحل شمالی کشور، نیمه شمالی شمال غرب، مرزهای غربی در استان‌های کردستان و کرمانشاه، بخش‌هایی از زاگرس مرتفع و نیز سواحل دریای عمان و بلوچستان جنوبی است. در این نواحی کمینه شمار روزهای گرم شکل می‌گیرد. این واقعیت بر رخداد روز گرم در مقیاس محلی دلالت دارد. در مجموع، می‌توان گفت که تکوین گرمای فراگیر حاصل اثرگذاری متقابل سامانه‌های جوی و عوامل محلی است. با وجود این، سامانه‌های مولد روزهای گرم در نواحی داخلی اثرپذیری کمتری از ناهمواری دارند. این امر سبب گشته تا سامانه‌های مذکور در پهنه‌ای گسترده‌تر رفتاری به نسبت همسان داشته باشند. در نتیجه، فراوانی روزهای گرم فراگیر در نواحی داخلی کشور افزایش یافته و روابط همسایگی قوی‌تر است (شادمان، ۱۳۹۱: ۴۱۷).



شکل ۶) نمایه G^* برای فراوانی (الف) و میانگین دمای (ب) روزهای گرم فراگیر ایران زمین

طبق شکل (۶-ب) و آن گونه که انتظار می‌رود، کانون‌های داغ در جنوب کشور مشاهده می‌شوند. خوشه‌های حاوی ارزش‌های پایین نیز بنا بر انتظار اولیه در بلندی‌ها و نواحی شمالی ایران دیده می‌شوند. این نقشه تأییدی بر روند کلی کاهش متوسط دمای روزهای گرم از جنوب به شمال در پهنه ایران زمین است. علاوه بر این، می‌توان دید که در جنوب غرب کشور (خوزستان و زاگرس) خوشه‌های حاوی ارزش‌های بالای و خوشه‌های حاوی ارزش‌های پایین دما بر روی عرض جغرافیایی نسبتاً همسان قرار گرفته‌اند. بنابراین، می‌توان استنباط کرد که ارتفاع در قیاس با عرض جغرافیایی اثر بیشتری بر دمای روزهای گرم کشور دارد و موجب شیب شدید دما در این ناحیه شده است.

نتیجه‌گیری

مرز روزهای گرم فراگیر و محلی ۳۰ درصد از پهنه کشور تشخیص داده شد. به این ترتیب، روزی که در آن ۳۰ درصد و بیشتر از گستره ایران زمین گرما را تجربه کرده باشد؛ یک روز گرم فراگیر تعریف شد. همچنین در هر نقطه، روز گرم به روزی گفته می‌شود که دمای آن نقطه برابر یا بیش از صدک ۹۰ دمای آن نقطه و آن روز باشد. براساس این نمایه، در طول دوره آماری، ۱۵۳۷ روز گرم فراگیر شناسایی شد. بیشترین فراوانی روزهای گرم فراگیر را ماه‌های فروردین (۱۶۹ روز)، بهمن (۱۶۸ روز) و دی (۱۶۷ روز) در خود جای دادند.

شمار روزها و متوسط دمای روزهای گرم فراگیر کشور تحت تأثیر ناهمواری‌ها و آرایش آن‌ها، دوری و نزدیکی به پهنه‌های آبی حاشیه کشور و نیز عرض جغرافیایی بوده است. اثبات این ادعا از آرایش همدم‌ها و نیز فراوانی روزهای گرم در کشور و مقایسه نواحی داخلی و حاشیه‌ای میسر شد.

الگوی فضایی روزهای گرم فراگیر ایران هم به لحاظ فراوانی رخداد و هم به لحاظ میانگین دما در سطح ۹۹ درصد اطمینان از یک الگوی خوشه‌ای پیروی می‌کند. توزیع مکانی خوشه‌های بسامد روزهای گرم متأثر از آرایش ناهمواری‌ها، دوری و نزدیکی به منابع رطوبتی، عرض جغرافیایی و نیز سامانه‌های هم‌دید مولد گرم‌است.

کانون‌های دمایی برای روزهای گرم هیچ رابطه‌ای با نواحی با بسامد بالای دما ندارد. بدین ترتیب، نواحی توأم با بیشینه بسامد روزهای گرم منطبق با نقاط داغ نیستند؛ اما در نواحی شمالی کشور کمترین دماها در بخش‌هایی از شمال غرب کشور با کمینه بسامد روزهای گرم منطبق هستند.

منابع

- ۱- اسماعیل نژاد، مرتضی. (۱۳۹۱). شناسایی امواج گرمایی ایران و ارتباط آن با الگوهای هم‌دید، پایان نامه دکتری، دانشگاه سیستان و بلوچستان. استاد راهنما: محمود خسروی.
- ۲- براتی، غلامرضا، موسوی، سید شفیق، بهار و تابستان. (۱۳۸۴). جابجایی مکانی موج‌های زمستانی گرما در ایران، جغرافیا و توسعه، ش پیاپی ۵، صص ۴۱-۵۲.
- ۳- رحیم زاده، فاطمه، هدایت دزفولی، اکرم، پوراصغریان، آرزو. (۱۳۹۰). ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ش ۲۱، صص ۹۷-۱۱۶.

- ۴- عساکره، حسین و سیفی پور، زهره. (۱۳۹۱). مدل سازی مکانی بارش سالانه ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، ش ۲۱، صص ۱۵-۳۰
- ۵- علیجانی، بهلول. (۱۳۷۹). آب و هوای ایران، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ چهارم.
- ۶- شادمان، حسن. (۱۳۹۱). تحلیل همبستگی موج‌های گرمایی فراگیر در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان. استاد راهنما: حسین عساکره.
- ۷- علیجانی، بهلول، بهار. (۱۳۹۰). تحلیل فضایی دما و بارش‌های بحرانی روزانه در ایران، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ش ۱۲، صص ۹-۳۰.
- ۸- فرج زاده، منوچهر، دارند، محمد. (۱۳۸۷). تحلیل تأثیر دمای هوا بر مرگ و میر شهر تهران، مجله پژوهشی حکیم، دوره یازدهم، ش ۴۷، صص ۲۷-۳۴.
- ۹- کاویانی، محمد رضا، علیجانی، بهلول. (۱۳۷۸). مبانی آب و هواشناسی، تهران: سمت، چاپ ششم.
- ۱۰- یزدان پناه، حجت‌الله، علیزاده، تیمور. (۱۳۹۰). برآورد احتمال وقوع امواج گرمایی با دوره‌های تداوم مختلف در استان کرمان به کمک زنجیره مارکوف، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، ش ۱۰۳، صص ۵۲-۷۱.
- 11- Bart D. Ostro, Lindsey A. Roth, Rochelle S. Green, and Rupa Basu 2009. Estimating the Mortality Effect of the July 2006 California Heat Wave, Environmental Research 109: 614-619.
- 12- B'en'edictte Dousset, Fran,coise Gourmelon, Karine Laaidi, Abdelkrim Zeghnoun, Emmanuel Giraudet, b Philippe Bretin, Elena Maurid, St'ephanie Vandentorren, 2010, **Satellite monitoring of summer heat waves in the Paris metropolitan area**, International Journal of Climatology, Int. J. Climatol.
- 13- Bonsal. B.R, Zhang. X, Vincent. L. A, Hogg. W. D, 2001, **Characteristics of Daily and Extreme Temperatures over Canada**, Journal of Climate 1959-1976.
- 14- Campetella, Claudia, Rusticucci, Matilde, 1998, **Synoptic analysis of an extreme heat wave over Argentina in March 1980**, Meteorol. Appl. 5, 217-226.
- 15- Cueto, O. Garcia. Rafael, Tejada Martinez. Adalberto, Jauregui Ostos. Ernesto, 2010, **Heat Waves and Heat Days in an Arid City in the Northwest of Mexico: Current Trends and in Climate Change Scenarios**, Int J Biometeorol 54: 335 - 345.
- 16- Djuro Radin ović, Mladjen Ćurić, 2012, **Criteria for heat and cold wave duration indexes**, Theor Appl Climatol 107:505- 510.
- 17- Gong, D.Y., Panl, Y.Z. and Wang, J.A, 2004, **Changes in Extreme Daily Mean Temperatures in Summer in Eastern China during 1955-2000**. Theor. Appl. Climatol 77, 25-37.
- 18- Contia. Susanna, Melia. Paola, Minellia. Giada, Soliminia. Renata, Toccacelia. Virgilia, Vichia. Monica, Beltranob. Carmen, Perini. Luigi 2005. **Epidemiologic Study of Mortality during the Summer 2003 Heat Wave in Italy**, Environmental Research 98: 390-399.
- 19- Cueto. O, Garcia. Rafael, Martinez. Tejada , Jauregui. Adalberto, Ernesto. Ostos. 2010. **Heat Waves and Heat Days in an Arid City in the Northwest of Mexico**, Current Trends and in Climate Change Scenarios, Int J Biometeorol 54: 335 - 345.
- 20- Degaetano. T. Arthur and Allen. J. Robert. 2002. **Trends in Twentieth-Century Temperature Extremes across the United States**, Journal of Climate , 15: 3188-3205.
- 21- Diaz. J, Garcia.R, Velazquez de castro. F, Hernandez, Lopez.C, Otero. A. 2002. **Effects of Extremely Hot Days on People Older Than 65 Years in Seville (spain) from 1986 to 1997**, Int J Biometeorol, 46: 145 - 149.
- 22- Fischer . Manfred. M. 2006. Spatial Analysis and Geocomputation. Germany. Springer
- 23- Gabriel. Katharina M.A., Wilfried R. Endlicher 2011. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brande nburg, Germany, Environmental Pollution 159: 2044- 2050.

- 24- Gail. M, Krickeberg. K, Samet . J, Tsiatis. A and Wong .W 2007: Statistics for Biology and Health. USA. Springer
- 25- Haining. Robert (2004) Spatial Data Analysis: Theory and Practice. Cambridge University Press.UKDai. Xiaoyan, Guo. Zhongyang, Zhang. Liquan, Li. Dan. 2010. **Spatio-temporal exploratory analysis of urban surface temperature field in Shanghai, China**. Stoch Environ Res Risk Assess 24:247–257.
- 26- Huang. Wei, Kan. Haidong, Kovats. Sari. 2010: The impact of the 2003 heat wave on mortality in Shanghai, China, Science of the Total Environment 408: 2418 – 2420.
- 27- Manton. M.J., Della-Marta. P.M., Haylock. M.R., Hennessy .K.J., Nicholls. N., Chambers. L.E., Collins. D.A., Dawd .G., Finet . A., Gunawan.D., Inape. K., Isobe. H., Kestin. T.S., Lefale. P., Leyu. C.H., Lwin .T., Maitrepierre. L., Ouprasitwong. N., Page. C.M., Pahalad J., Plummer. N., Salinger. M.J., Suppiah. R., Tran. V.L., Trewin .B., Tibig. I. and Yee .D. 2001. **Trends in Extreme Daily Rainfall and Temperature in Southeast ASIA and The South PACIFIC: 1961 – 1998**, International Journal of Climatology , 269 – 284.
- 28- T.Degaetano. Arthur, J.Allen. Robert,2002, **Trends in Twentieth-Century Temperature Extremes across the United States**, Journal of Climate, vol 15, 3188-3205.
- 29- Vincent. A. Lucie. and Mekis. Éva. 2006. **Changes in Daily and Extreme Temperature and Precip - itation Indices for Canada over the Twentieth Century**, Atmosphere-Ocean, 44(2): 177-193.