

بازنمایی تغییرپذیری دما در استان فارس با استفاده از آمار فضایی

دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۷

پذیرش نهایی: ۹۶/۱/۳۰

چکیده

به منظور شناسایی تغییرات مکانی و زمانی خودهمبستگی فضایی خوشه‌های دمایی استان فارس، ابتدا اقدام به تشکیل پایگاه داده‌های شبکه‌ای دمای بیشینه و کمینه استان فارس شده است. سپس از داده‌های پایگاه مزبور یک دوره آماری ۳۳ ساله، در بازه زمانی روزانه از ۱۹۸۰/۰۱/۱ تا ۲۰۱۲/۱۲/۳۱ میلادی را مبنای مطالعه حاضر قرار داده و یاخته‌ای به ابعاد ۱۸×۱۸ کیلومتر بر منطقه مورد مطالعه گسترانیده شده است. به منظور دستیابی به تغییرات درون سالی خوشه‌های دمایی استان فارس از روش‌های نوین آمار فضایی از قبیل خودهمبستگی فضایی موران جهانی، شاخص انسلین محلی موران و لکه‌های داغ از امکانات محیط GIS بهره برده شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که تغییرات زمانی و مکانی خوشه‌های دمایی استان فارس دارای الگوی خوشه‌ای بالا می‌باشد. در این بین بر اساس شاخص موران محلی و لکه داغ، خوشه‌های دمایی در جنوب، جنوب غرب و جنوب شرق استان دارای الگوی خودهمبستگی فضایی مثبت (خوشه‌های دمایی گرم) و بخش‌های شمال و شمال شرق دارای خودهمبستگی فضایی منفی (خوشه‌های دمایی سرد) بوده است. در طی دوره مطالعه بخش اعظمی از استان در بیشتر موارد تقریباً نیمی از کل مساحت استان هیچ‌گونه الگوی معناداری یا خودهمبستگی فضایی نداشته است.

واژگان کلیدی: خوشه‌های دمایی، خودهمبستگی فضایی، شاخص موران، شاخص لکه داغ، فارس.

مقدمه

از آنجا که دما از عناصر اساسی شکل‌گیری اقلیم است، تغییرات آن می‌تواند ساختار آب و هوایی هر محل را دگرگون سازد. به همین دلیل است که بررسی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی بخش بزرگی از ادبیات اقلیم‌شناسی را به خود اختصاص داده است و تغییرپذیری آن اهمیت بسیار علمی - کاربردی دارد (مسعودیان، ۱۳۸۴: ۲۹، علیجانی، قویدل رحیمی، ۱۳۸۴: ۲۲). دما در چرخه‌های طبیعی و به ویژه چرخه‌های آب و انرژی اهمیت بنیادی دارد و از این رو بر فعالیت‌های انسانی و فرایندهای طبیعی هر ناحیه به طور کامل تاثیرگذار است و تغییرات آن در مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌عاملی بسیار مهم است. در دهه‌های اخیر نتایج کاربردی تحلیل دما باعث شده است تا مطالعه افت و خیزهای آن در درازمدت، کوتاه مدت و به ویژه در مقیاس جهانی مورد توجه قرار گیرد. اغلب مخاطرات محیطی عصر ما از جمله سیل، طوفان، خشک‌سالی، تکثیر بیش از حد حشرات موذی و نیز مصونیت آن‌ها در برابر سموم و مسائلی از این نوع، ریشه در تغییر اقلیم زمین و به خصوص افزایش دمای جهان دارد (Kundzewicz et al, 2008: 118). در راستای نیاز به مطالعات دقیق محیطی، تغییرات اقلیمی نیز در طول چند سال اخیر به‌عنوان یکی از مهم‌ترین موضوعات زیست‌محیطی در محافل مختلف مطرح گردیده است. از آنجایی که با افزایش نور و حرارت، ازن در سطح زمین تشکیل می‌شود، از این رو آلودگی ازن ممکن است به حدی برسد که سلامت افراد به‌ویژه بچه‌ها، سالخوردگان، بیماران آسمی و

بازنمایی تغییرپذیری دما در استان فارس با استفاده از آمار فضایی / ۶۵

دیگر افراد آسیب‌پذیر را تهدید کند (محمدی، ۱۳۹۰: ۸۴). در ۴۰ و ۵۰ سال اخیر اکثریت مطالعات آماری با رویکرد مطالعات آمار سنتی از قبیل آزمون کندال^۱، اسپرمن^۲، رگرسیون خطی و چندگانه انجام شده است (Solow, 1987, Kaas and Frich, 1995, Ben-Gai et al, 1999, Hasanean, 2001, Braganza et al, 2004, Kousari et al, 2010). اما در این بین آگاهی از توزیع زمانی و مکانی دما برای تعیین بیلان انرژی زمین، مطالعات هواشناسی و تبخیر و تعرق ضروری است. همین دلیل علاقه محققین برای مطالعات دمایی بوده است؛ هر چند که روش‌های سنتی در آمار تبیین‌کننده امر نبوده‌اند. در مطالعات محیطی غالباً با مشاهداتی سروکار داریم که مستقل از یکدیگر نیستند و نوعاً وابستگی آن‌ها ناشی از موقعیت و مکان قرار گرفتن مشاهدات در فضای مورد مطالعه می‌باشد از این رو در مطالعه این گونه از مشاهدات نباید از شیوه سنتی آمار بهره برد، چرا که این داده‌ها نوعاً دارای ساختاری پیوسته در مکان و زمان می‌باشند. لذا در مطالعات علوم محیطی چنین داده‌هایی را داده‌های فضایی می‌نامند و مطالعات آن‌ها نیز، نیازمند روشی به‌هنگار جهت پاسخ رفتار این داده‌ها در مکان و زمان می‌باشد (Moller, 2008: 17). بر مبنای چنین نیازی و به دلیل وجود همبستگی فضایی بین این داده‌ها، روش‌های معمول آماری نمی‌توانند روشی به‌هنگار برای واکاوی چنین داده‌هایی تلقی گردند. همچنین می‌توان برای مقایسه روش‌های کلاسیک آماری و آمار فضایی به پژوهش‌های دیگری نیز مراجعه نمود (Charlton, Fotheringham, 2011, Lu et al, 2014, Razmi et al, 2017). از این رو لازم است به نحوی ساختار همبستگی داده‌ها در تحلیل آن‌ها لحاظ گردد (Kendall, 1998: 221). بدین منظور آمار فضایی به‌عنوان گزینه‌ای مناسب، برای تحلیل این داده‌ها می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد. آمار فضایی برای انواع متنوع آنالیزها، شامل آنالیز الگو، آنالیز شکل، مدل‌سازی سطح، برآورد سطح، رگرسیون مکانی، مقایسه‌های آماری مجموعه داده‌های مکانی، مدل‌سازی آماری و برآورد فعل و انفعال مکانی استفاده می‌شود. در جدیدترین روش‌های بررسی رفتار پدیده‌های محیطی کارشناسان و پژوهشگران برای شناسایی و خودهمبستگی مناطق همگن از روش‌های پیشرفته آمار فضایی استفاده کرده‌اند. مبانی نظری این روش‌ها و چگونگی به‌کارگیری آن‌ها در مطالعات مرتبط با علوم محیطی (Smith et al, 2006, Illian et al, 2008, Zhang et al, 2008, Wheeler, Paéz, 2009, Anselin et al, 2009) توضیح داده شده است. در دسته‌ای دیگر از پژوهش‌ها رویکردهای آمار سنتی که بیش‌تر در مطالعات اقلیم‌شناسی و علوم محیطی در نیم‌قرن اخیر مرسوم بوده است را کانون توجه خود قرار داده‌اند (Zhou et al, 2009, Jolliffe, Philipp, 2010). در ایران نیز تاکنون بیشتر مطالعات مرتبط با دما از همان رویکرد آماری سابق پیروی کرده است از جمله می‌توان به پژوهش مسعودیان (۱۳۸۴: ۳۲) که با تأکید بر روند افزایشی دما، اشاره کرده است به‌طور متوسط ۰/۵ درجه سلسیوس به دماهای روزانه طی دهه‌های اخیر افزوده شده است. همچنین می‌توان به پژوهش عزیززی و روشنی (۱۳۸۷: ۱۳) که روند دمایی سواحل جنوبی دریای خزر را با آزمون من-کندال بررسی کرده‌اند، اشاره کرد. در رویکرد نوین مطالعات علوم محیطی، آمار فضایی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار می‌باشد؛ به‌طوری‌که در تمامی مطالعات مرتبط با مباحث علوم محیطی به‌خصوص مطالعات اقلیم‌شناسی و به‌طور اخص دما که در دهه اخیر انجام شده است هسته مطالعات را آمار فضایی تشکیل داده است. دل‌ریو و همکاران^۳ (۲۰۱۱) نیز روش OLS^۴ را که یک روش بهینه برای مدل‌سازی روابط فضایی در آماری فضایی می‌باشد برای تجزیه و تحلیل روند تغییرات دما ۴۷۳ ایستگاه آب و هواشناسی اسپانیا در یک دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۶ استفاده کردند. دی لوکنا و همکاران^۵ (۲۰۱۳) میدان‌های حرارتی منطقه شهری ریودوژانیرو را در کشور برزیل با استفاده از تحلیل لکه‌های داغ بررسی کردند. بجت و همکاران^۶ (۲۰۱۴) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل فضایی روند دما در صربستان در دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰ پرداختند. در این پژوهش از داده‌های متوسط ماهانه دما ۶۴ ایستگاه همدید استفاده شد و سپس روند دامنه‌های دما از روند خطی و همچنین روش حداقل مربعات معمولی

¹ Kendall's

² Spearman's

³ Del Río et al

⁴ Ordinary Least-Square

⁵ De Lucena et al

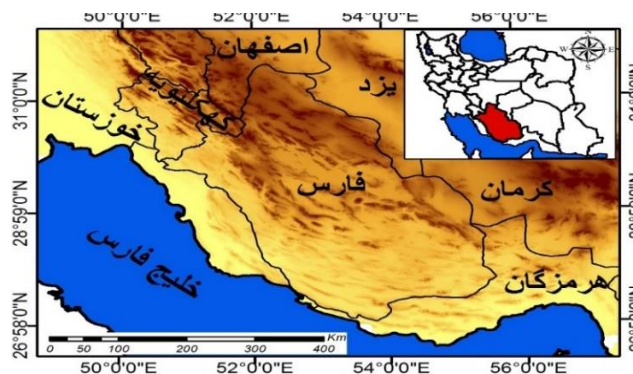
⁶ Bajat et al

به دست آمد. برای بررسی خودهمبستگی فضایی نیز از روش موران جهانی استفاده شده بود. نتایج پژوهش آنان نشان داد که روند درجه حرارت از سراسر صربستان از الگوی تصادفی تبعیت می کند. مطالعات از این دست را می توان به عنوان الگوهای شاخص از بین صدها طرح و الگوی دیگر برگزید (Ageena et al, 2013, Nemeč et al, 2013, Kim, Singh, 2014, Sun et al, 2015). در این پژوهش به ارزیابی خودهمبستگی فضایی تغییرات زمانی - مکانی خوشه های دمایی استان فارس پرداخته خواهد شد.

داده ها و روش پژوهش

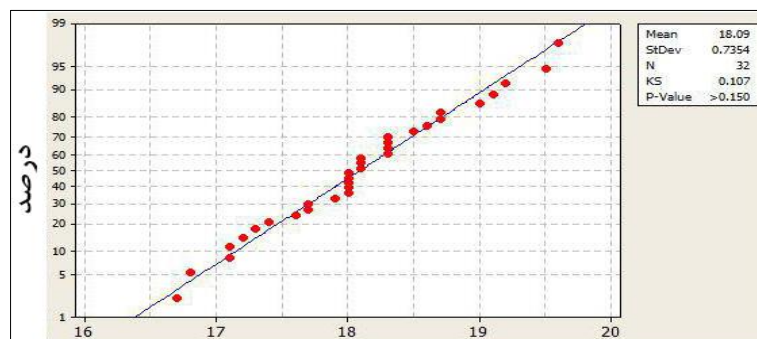
منطقه مورد مطالعه

استان فارس با مساحتی حدود ۱۳۳ هزار کیلومتر مربع در جنوب منطقه مرکزی ایران بین مدارهای ۲۷° تا ۲۹° عرض شمالی و ۴۲° تا ۵۵° طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار گرفته است. این استان از شمال با استان اصفهان و یزد، از مغرب با استانهای کهگیلویه و بویر احمد و بوشهر، از جنوب با استان هرمزگان و از شرق با استان کرمان همسایه است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش آمار مشترک و همگن میانگین روزانه کمینه و بیشینه دمای ۲۵ ایستگاه همدم استان فارس و استانهای اطراف آن با دوره آماری ۳۳ ساله در بازه زمانی روزانه از ۱۹۸۰/۰۱/۱ تا ۲۰۱۲/۱۲/۳۱ میلادی مبنای مطالعه حاضر قرار گرفت. برای بررسی همگنی داده های دمای ایستگاهها از آزمون کلموگروف - اسمیرنوف در محیط نرم افزار MINITAB استفاده شده و همگنی داده ها مورد تایید قرار گرفت (شکل ۲)؛ سپس توری با یاخته های مناسب بر روی پهنه مورد مطالعه گسترانیده و مقدار عنصر اقلیمی در گره گاهها برآورد شده است.



شکل ۲- همگنی داده ها، آزمون کلموگروف - اسمیرنوف

(منبع: نگارندگان)

بازنمایی تغییرپذیری دما در استان فارس با استفاده از آمار فضایی / ۶۷

این برآوردها که تمامی پهنه را می‌پوشانند، مبنای همه داورها در این پژوهش می‌باشد. در نهایت از داده‌های ایستگاه‌ها به‌عنوان شاهد برای ارزیابی درجه قطعیت نتایج تحلیل‌ها استفاده، و داده‌های ایستگاهی با استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ در محیط نرم‌افزار ArcGIS (10.2.2) به داده‌های پهنه‌ای با یاخته‌هایی به ابعاد 18×18 کیلومتر تعمیم داده شد. در تحقیق حاضر جهت تسریع در روند محاسبات، از قابلیت‌های برنامه‌نویسی نرم‌افزار GS+ و Minitab استفاده شده است. همچنین برای تهیه نقشه خوشه‌های دمایی از نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید.

با توجه به اینکه اطلاعات مربوط به میزان دما دارای همبستگی مکانی می‌باشد؛ لذا می‌توان با استفاده از روش‌های آمار فضایی مدل دما را به دست آورد و سپس با استفاده از آماره‌های خوشه و ناخوشه و تحلیل لکه‌های داغ پیش‌یابی‌های لازم را انجام داد. در دهه‌های اخیر سناریوهای مختلفی در خصوص تحلیل الگوهای داده فضایی در آمار فضایی بسط داده شده است. بدین منظور می‌توان از شاخص جهانی موران^۱ اشاره نمود. این آماره عددی را به دست می‌دهد (تحت عنوان نمره استاندارد^۲) که با استفاده از آن می‌توان درجه پراکنده بودن یا متمرکز بودن عوارض یا داده‌های فضایی را در فضا اندازه‌گیری نمود (Mitchell, 2005: 193, 9: Wheeler, 2007). خودهمبستگی فضایی موران به بررسی خود همبستگی فضایی بر اساس مکان پراکنش دو مقدار می‌پردازد و خصیصه مورد نظر از عارضه جغرافیایی را در آن مکان تحلیل می‌کند (Griffith, 1987: 81). برای محاسبه آماره یا شاخص موران، ابتدا نمره استاندارد z و P -Value محاسبه می‌شود و در مرحله بعد به ارزیابی و معنادار بودن شاخص پرداخته می‌شود. برای محاسبه خودهمبستگی فضایی با استفاده از شاخص موران جهانی از رابطه (۱) استفاده می‌شود:

$$I = \frac{n}{s_0} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (1)$$

در رابطه (۱)، z_i تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه i با میانگین آن $(x_i - \bar{x})$ می‌باشد. $W_{i,j}$ وزن موجود بین عارضه i و j می‌باشد، n تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه مورد استفاده است و s_0 جمع کل وزن‌های فضایی می‌باشد. تحلیل خوشه و ناخوشه که به شاخص انسلین محلی موران نیز مشهور است، الگویی بهینه برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا می‌باشد (Getis, Aldstadt, 2004: 93, Anselin et al, 2009: 74, Wheeler and Paéz, 2009: 465). برای تحلیل خوشه و ناخوشه برای هر عارضه موجود در لایه، مقدار شاخص موران محلی، نمره z و P -Value که بیانگر معناداری شاخص محاسبه شده می‌باشد، محاسبه می‌شود. آماره محلی موران I بر اساس رابطه (۲) قابل محاسبه است:

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} w_{i,j} (x_i - \bar{x}) \quad (2)$$

در رابطه فوق، x_i خصیصه عارضه i و \bar{x} میانگین خصیصه مربوطه و $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j می‌باشد. مقدار I_i از رابطه (۳) محاسبه می‌شود:

$$s_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j}}{n-1} - \bar{x}^2 \quad (3)$$

تحلیل لکه‌های داغ از آماره گتیس-اورد جی^۳ برای کلیه عوارض موجود در داده‌ها استفاده می‌کند (Rogerson, 2006: 275). نمره z محاسبه شده نشان می‌دهد که در کدام مناطق داده‌ها با مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده‌اند. چهارچوب مفهومی این تحلیل این‌گونه عمل می‌کند که اگر عارضه‌ای مقدار بالا داشته باشد جالب و مهم است. ولی این به این معنی نیست که یک لکه

¹ Global Moran

² Z - Score

³ Getis - Ord Gi

داغ باشد. عارضه‌ای لکه داغ تلقی می‌شود که هم خود عارضه و هم عارضه‌های همسایه آن از نظر آماری معنادار باشد. امتیاز z برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که مجموع محلی عارضه و همسایه آن به طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه گردد (Jacquez, Greiling, 2003: 2). آماره گتیس- اورد جی به صورت رابطه (۴) محاسبه می‌شود:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} - x \sum_{i=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}} \quad (4)$$

در رابطه فوق، x مقدار خصیصه برای عارضه j ، $w_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j و n تعداد کل عارضه‌ها می‌باشد. همچنین ذکر این نکته نیز ضروری به نظر می‌آید که در زمینه آمار فضایی معمولاً هدف مقالاتی که امروزه به انجام می‌رسند صرفاً نه بازنمایی خوشه‌ها با شاخص خودهمبستگی موران (که یکی از گام‌های اولیه چنین تحقیقاتی است) بلکه هدف برآزش مدل‌های رگرسیونی است که در نهایت دارای کمترین باقی مانده‌ها، کمترین خطاها، و بیشترین ضرایب تبیین S^2 باشد. برای مثال مدل‌های رگرسیونی کمترین مربعات عادی، و رگرسیون وزنی جغرافیایی مرسوم‌ترین مدل‌هایی است که در مشابه چنین تحقیقاتی پیدا نمود. از جمله می‌توان به مقاله (Sun et al, 2015) مراجعه کرد. در روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی دامنه‌ای در اطراف هر نقطه مرجع در نظر گرفته می‌شود و به مشاهداتی که به نقطه مرجع نزدیکتر هستند نسبت به نقاط دورتر، وزن بیشتری اختصاص داده می‌شود. لذا به نظر می‌رسد مشکل مدل‌های رگرسیون وزن‌دار هنگامی بیان می‌شود که توزیع مشاهدات حول نقاط مرجع در گستره فضای مورد مطالعه یکسان نباشد. در این صورت اگر تابعی یکسان برای موزون کردن مشاهدات اطراف نقاط مرجع به کار گرفته شود این احتمال وجود دارد که برای نقطه‌ای از اطلاعاتی کمتر استفاده شود. بنابراین مدلی غیر دقیق برآورد شود و بالعکس برای نقطه‌ای دیگر تجمع مشاهدات حول آن بیشتر است از اطلاعات زیاد و نامرتب استفاده شود و مجدداً از دقت مدل کاسته شود. لذا در تحقیق حاضر از این مدل استفاده نگردید و تمرکز اصلی تحقیق بر روی بازنمایی خوشه‌های دمایی در سطح استان فارس می‌باشد.

یافته‌های پژوهش

خروجی‌های تحلیل خودهمبستگی فضایی موران جهانی، به صورت جدول ۱ ارائه شده است. به طور کلی در موران جهانی فرضیه صفر این است که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر مرتبط با عوارض جغرافیایی مورد نظر وجود ندارد. حال زمانی که مقدار ارزش ویژه بسیار کوچک و مقدار z محاسبه شده (قدر مطلق آن) بسیار بزرگ باشد، آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. اگر شاخص موران بزرگ‌تر از صفر باشد، داده‌ها نوعی خوشه‌بندی فضایی را نشان می‌دهند. اگر مقدار شاخص کمتر از صفر باشد عوارض مورد مطالعه دارای الگوی پراکنده می‌باشند. براساس جدول ۱ مقدار شاخص موران جهانی برای هر ۱۲ ماه سال بالای ۰/۹۸ می‌باشد. این نکته نشان دهنده آن است که بر اساس شاخص موران جهانی، دما در استان فارس در دوره مورد مطالعه، دارای الگوی خوشه‌ای بالا در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد می‌باشد. آماره z برای هر ۱۲ ماه دوره آماری مورد مطالعه، بالا و بین ۹۶ تا ۹۸ می‌باشد؛ بنابراین در مجموع براساس موران جهانی می‌توان استنباط نمود که تغییرات درون سالی دما در استان فارس از الگوی خوشه‌ای بالا تبعیت می‌کند؛ بنابراین با توجه به بالا بودن مقدار z و پایین بودن مقدار P -Value می‌توان فرضیه عدم وجود خودهمبستگی فضایی بین داده‌ها در هر ۱۲ ماه از سال را رد نمود. حال اگر قرار بود دما برای ماه‌های سال در فارس به طور نرمال در فضا پخش شده باشد، شاخص موران جهانی مقدار ۰/۰۰۰۲۰۴- را اختیار می‌نمود.

جدول ۱- خروجی آماره موران به صورت ماهیانه

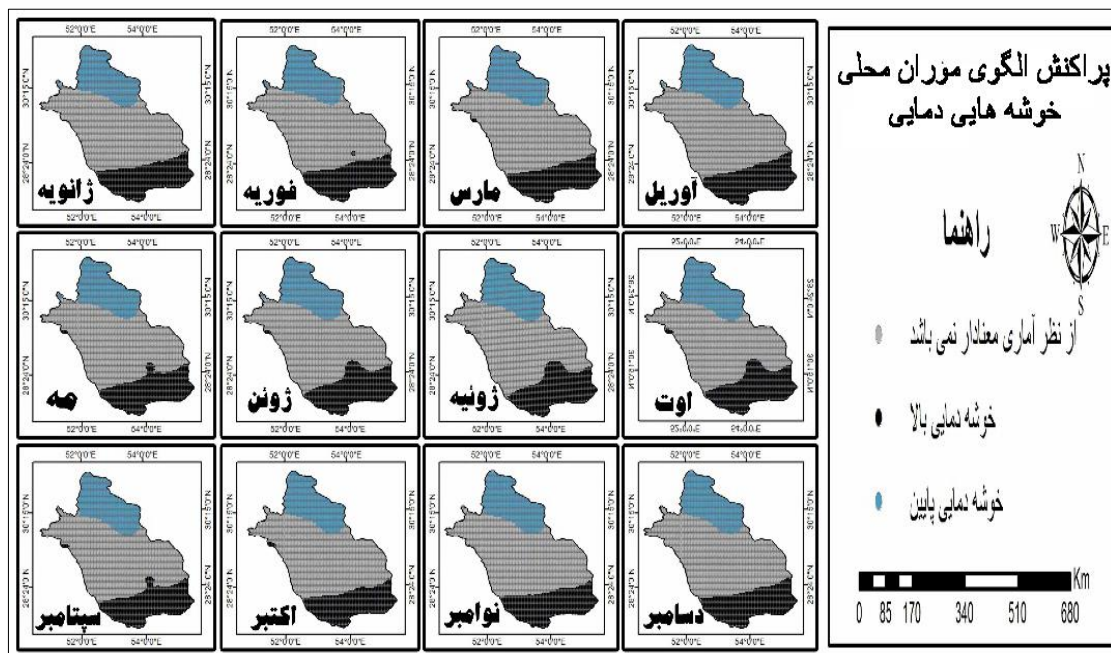
ماه	شاخص موران	شاخص موران مورد انتظار	واریانس	z-score	p-value
ژانویه	۰/۹۸۹۶۲۷	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۶/۹۷۸۴۵۰	۰
فوریه	۰/۹۸۹۰۴۰	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۶/۹۲۰۷۰۸	۰
مارس	۰/۹۸۹۲۷۲	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۶/۹۴۳۲۳۸	۰
آوریل	۰/۹۹۰۵۲۴	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۷/۰۶۶۴۴۵	۰
مه	۰/۹۹۰۵۸۴	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۷/۰۷۱۵۷۵	۰
ژوئن	۰/۹۹۲۵۷۲	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۷/۲۶۶۷۲۴	۰
ژوئیه	۰/۹۹۳۴۰۳	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۷/۳۴۸۷۵۸	۰
اوت	۰/۹۹۳۰۴۱	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۷/۳۱۳۵۹۲	۰
سپتامبر	۰/۹۹۱۳۳۲	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۷/۱۴۶۶۱۶۸	۰
اکتبر	۰/۹۸۹۳۰۰	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۶/۹۴۶۷۷۶	۰
نوامبر	۰/۹۸۸۸۱۷	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۶/۸۹۹۵۰۹	۰
دسامبر	۰/۹۸۹۷۱۵	-۰/۰۰۰۲۰۴	۰/۰۰۰۱۰۴	۹۶/۹۸۷۵۴۹	۰

چنانچه در جدول ۱ نیز مشاهده می‌شود، در ۱۲ ماه سال مقدار شاخص موران جهانی بالای ۰/۹۸ بوده است. این نوع از توزیع داده‌ها مبین این امر می‌باشد؛ که الگوی پراکنش فضایی دما در فواصل و مقیاس‌های چندگانه از فاصله‌ای به فاصله دیگر و یا مقیاسی به مقیاس دیگر تغییر می‌کند. در حقیقت این امر منعکس‌کننده وجود تفاوت‌های فضایی ویژه در فواصل و مقیاس‌های مختلف می‌باشد. پس نتیجه‌ای که از افزایش این مقدار ارزشی حاصل خواهد شد، خوشه‌بندی فضایی عوارض همراه با تغییر اندازه در واحد همسایگی می‌باشد. لذا از آنجاکه دما در ماه‌های گرم سال برای کل استان افزایش می‌یابد، تغییر اندازه دمایی محسوسی در کل استان برای واحدهای همسایگی حاصل شده است. ولی در ماه‌های سرد سال دما به‌طور نامتوازن در استان توزیع می‌شود. در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر از فصل پاییز نیز مشاهده می‌شود که بالاترین مقدار ارزشی را به‌خود اختصاص داده است. این امر نیز به‌دلیل همسان بودن افت و خیز تقریباً مشابه دما در کل پهنه استان می‌باشد.

همان طوری که مشاهده شد خودهمبستگی فضایی موران جهانی فقط نوع الگو را مشخص می‌کند. به‌همین دلیل برای نشان دادن توزیع فضایی الگوی حاکم بر خوشه‌های دمایی فارس، طی دوره مورد مطالعه از موران محلی استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحلیل نشان می‌دهد که آیا عوارض به‌صورت تصادفی، پراکنده و یا خوشه‌ای در فضا توزیع شده‌اند. اگر مقدار I مثبت باشد، بدین معناست که عارضه مورد نظر، توسط عوارض مشابه خود احاطه شده‌اند. بنابراین عارضه مورد نظر بخشی از آن خوشه است. اگر مقدار I منفی باشد به معنای آن است که عارضه مورد نظر توسط عوارض نامشابه محاصره شده است. این نوع عارضه در حقیقت ناخوشه نامیده می‌شود. مقداری ارزشی حاصل از این آماره در چارچوب امتیاز استاندارد محاسبه شده و p -value قابل تفسیر و تحلیل است. در این آماره HH بیانگر خوشه‌های مقدار زیاد یا خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح ۹۹ درصد اطمینان، LL بیانگر خوشه‌های مقادیر کم یا خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۹ درصد اطمینان، HL نشانگر ناخوشه‌ای بودن است که در آن یک مقدار زیاد توسط مقادیر کم محاصره شده‌اند؛ LH تک‌سلول‌هایی که در آن عارضه دارای مقدار کم، توسط عوارض دارای مقادیر زیاد محاصره شده‌اند و از نظر آماری معنادار (سطح ۵ درصد) هستند. شکل ۳ تغییرات درون‌سالی خودهمبستگی فضایی الگوی خوشه‌های خوشه‌های دمایی را طی دوره آماری مورد مطالعه (۲۰۱۲-۱۹۸۰) نشان می‌دهد. در سه ماه فصل زمستان (ژانویه، فوریه و مارس) در اکثر مناطق استان هیچ نوع الگویی حاکم نبوده یا به‌عبارتی فاقد خودهمبستگی فضایی بوده است. این وضعیت به‌طور متوسط با مقدار ۶۰/۷۷ درصد در سه ماه فصل زمستان در سطح استان توزیع شده است (شکل ۳).

در ماه ژانویه ۲۰/۸۰ درصد، فوریه ۲۰/۷۴ درصد و مارس ۲۰/۳۱ درصد از مناطق استان که غالباً در نواحی جنوب، جنوب غرب و جنوب شرق به نمایندگی ایستگاه‌های همدید لارستان و لامرد دارای الگوی خوشه‌ای با ارزش بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) حاکم می‌باشد. در همین دوره از سال الگوی دمایی LL یا مقادیر با ارزش پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) که نمایانگر خوشه‌های دمایی سرد می‌باشند به ترتیب در ماه‌های فصل زمستان ۱۸/۹۶، ۱۸/۳۵ و ۱۸/۵۲ درصد توزیع شده‌اند؛ و به صورت لکه‌هایی، در نواحی شمال و شمال شرقی استان کشیده شده‌اند (جدول ۲). در فصل بهار مقادیر دما با خودهمبستگی فضایی مثبت بالا نسبت به فصل زمستان حدود ۱ درصد افزایش یافته و از نظر مکانی نیز دچار تغییراتی شده است (شکل ۳). به طوری که خوشه‌های با ارزش بالا به سمت شرق و مرکز استان (داراب، فسا، جهرم و فیروز آباد) کشیده شده است. این در حالی است که مقادیر با ارزش بالا یا دارای خودهمبستگی فضایی مثبت HH در فصل زمستان محدود به مناطق جنوبی و دارای افت و خیز بوده است. در فصل تابستان از تغییرات الگوهای خوشه‌های دمایی پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) کاسته شده است، به این ترتیب برای ماه‌های ژوئیه، اوت و سپتامبر به ترتیب مقادیر ۱۸/۷۳، ۱۹/۱۳ و ۱۸/۹۹ درصد نشان داده شده است. همان‌طور که قابل مشاهده است در این فصل از سال به مساحت الگوهای دمایی پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) اندکی افزوده شده است و به لحاظ مکانی نیز تغییرات ناچیزی را تجربه کرده است. در فصل پاییز مساحت الگوهای دمایی پایین و بالا نسبت به سه فصل قبل کمترین افت و خیز عددی را داشته‌اند.

همان‌طور که در جدول ۲ نیز مشاهده می‌شود، در فصل تابستان کمترین درصد از مناطق فاقد الگو را به خود اختصاص داده‌اند. به‌طور میانگین در مجموع سه ماه ژوئیه، اوت و سپتامبر ۵۹ درصد از مساحت استان از هیچ الگوی فضایی پیروی نمی‌کند. در مجموع با توجه به اینکه مقادیر دارای خودهمبستگی فضایی مثبت در هر چهار فصل از سال و یا نگاهی ریزمقیاسه‌تر در هر ۱۲ ماه سال به نواحی جنوبی و در بعضی از ماه‌های سال (شکل ۳) به منطقه لارستان و لامرد محدود شده است، می‌توان استنباط نمود که عوامل محلی در توزیع پراکنش الگوهای خوشه‌های دمایی فارس نقش به‌سزایی را ایفا می‌کنند.



شکل ۳- نتایج حاصل از پراکنش الگوی موران محلی خوشه‌های دمایی استان فارس
(منبع: نگارندگان)

جدول ۲- درصد مساحت تحت پوشش الگوی حاصل از موران محلی

نوع الگوی دمایی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن
الگوی خوشه‌ای بالا (HH)	۲۰/۸۰	۲۰/۷۴	۲۰/۳۱	۲۰/۲۵	۲۱/۱۹	۲۱/۸۱
الگوی خوشه‌ای پایین (LL)	۱۸/۹۶	۱۸/۳۵	۱۸/۵۲	۱۸/۸۰	۱۸/۷۴	۱۸/۹۹
فاقد الگو	۶۰/۲۴	۶۰/۹۱	۶۱/۱۷	۶۰/۹۵	۶۰/۰۷	۵۹/۲۰
نوع الگوی دمایی	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
الگوی خوشه‌ای بالا (HH)	۲۱/۹۴	۲۱/۹۸	۲۰/۹۲	۲۰/۱۳	۲۰/۱۳	۲۰/۷۸
الگوی خوشه‌ای پایین (LL)	۱۸/۷۸	۱۹/۱۳	۱۸/۹۹	۱۸/۶۴	۱۸/۷۴	۱۸/۸۰
فاقد الگو	۵۹/۲۸	۵۸/۸۹	۶۰/۰۹	۶۱/۲۳	۶۱/۱۳	۶۰/۴۲

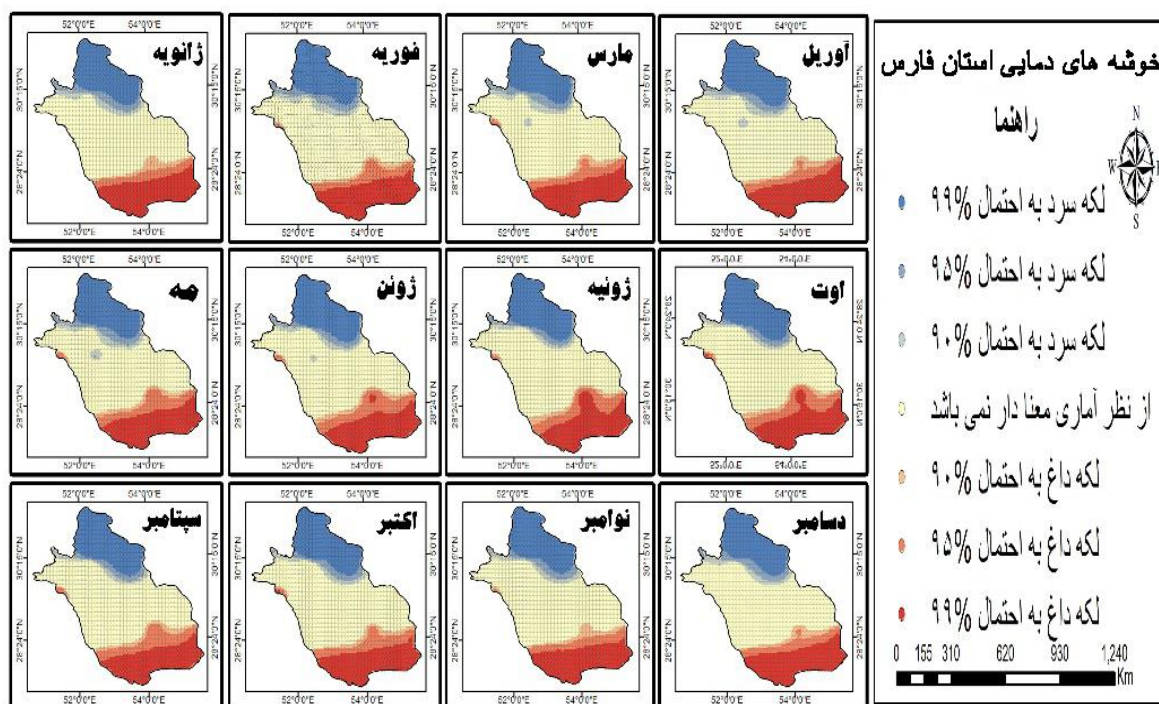
با توجه به آنچه تاکنون گفته شد، آن دسته از نواحی استان که دمای آن‌ها دارای خودهمبستگی فضایی مثبت (خوشه‌های دمایی بالا) و منفی (خوشه‌های دمایی پایین) بودند مشخص گردیده؛ اما به‌منظور حصول اطمینان از مناطق دارای خوشه‌های با ارزش بالا و پایین از شاخص لکه‌ی داغ^۱ استفاده شده است که نتایج آن در شکل ۴ و جدول ۳ ارائه شده است.

آماره GI^* که برای هر عارضه موجود در داده‌های محاسبه می‌شود، نوعی امتیاز z است. برای امتیاز z مثبت و معنادار از نظر آماری، هر چه امتیاز z بزرگ‌تر باشد، مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی شده و لکه داغ تشکیل می‌دهند. برای امتیاز z منفی و معنادار از نظر آماری هر چه امتیاز z کوچک‌تر باشد، به معنای خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین خواهد بود و این‌ها در حقیقت لکه‌های سرد را نشان می‌دهند. همان‌طور که از شکل ۴ برمی‌آید، ماه ژانویه در فصل زمستان خوشه‌های دمایی گرم (در سطح معناداری ۹۹ درصد) به قسمت‌های جنوب، جنوب‌غرب و جنوب‌شرق به نمایندگی ایستگاه‌های لارستان و لامرد محدود شده است؛ که به ترتیب در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس ۳/۴۴، ۳/۷۹، ۳/۸۹ درصد از مناطق استان را تشکیل داده‌اند. در همین فصل از سال مناطقی که نماینده خوشه‌های دمایی سرد (در سطح اطمینان ۹۹ درصد) بوده نواحی مرتفع استان را تحت سیطره خود قرار داده‌اند به‌طوری‌که در ایستگاه‌های آباد، خرم‌بید و اقلید به احتمال ۹۹ درصد لکه دمایی سرد تشخیص داده شده است. ایستگاه‌های سپیدان، مرودشت باوانات خوشه‌های دمایی سرد در احتمال ۹۵ درصد را تشکیل داده‌اند. مناطق فاقد الگوی معناداری در فصل زمستان به ترتیب ۴۹/۵۸، ۴۹/۱۷ و ۴۹/۱۹ درصد برای ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس محاسبه شده است.

الگوی خوشه‌ای مقادیر بالای خودهمبستگی فضایی دما یا به عبارتی دیگر خوشه‌های دمایی گرم در فصل بهار که در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنادار می‌باشد، افزایش پیدا کرده است (جدول ۳). اما به لحاظ مکانی تغییرات ناچیزی را نسبت به دو ماه فوریه و مارس داشته است. به‌طوری‌که دنباله نواحی با خودهمبستگی فضایی مثبت در سطوح اطمینان ۹۰ و ۹۵ درصد تا داراب، فسا، جهرم و جنوب فیروزآباد کشیده شده است (شکل ۴). در فصل بهار، نواحی با خودهمبستگی فضایی منفی نسبت به فصل زمستان از نظر مکانی تغییرات قابل توجهی داشته است به‌طوری‌که لکه دمایی سرد با احتمال ۹۵ درصد از شمال به سمت مرکز کشیده شده است. همان‌طور که از جدول ۳ نیز مشخص می‌باشد مناطقی با فاقد الگوی معناداری در فصل بهار نسبت به سه ماه قبل خود تغییراتی نه‌چندان محسوس را داشته است؛ به‌طوری‌که برای ماه‌های آوریل ۴۹/۰۷، مه ۴۸/۴۵ و ژوئن ۴۹/۰۲ درصد از کل مساحت استان هیچ نوع الگوی معناداری از نظر آماری مشاهده نشده است (شکل ۴). الگوی خوشه‌ای مقادیر بالای خودهمبستگی فضایی در فصل تابستان که در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار می‌باشد، افزایش پیدا کرده است (جدول ۳)؛ و به لحاظ مکانی نیز تغییرات قابل توجهی داشته است (شکل ۴). لکه‌های دمایی گرم در فصل تابستان نسبت به ۹ ماه دیگر سال کشیدگی زیادی به‌سمت مرکز یا شمال استان داشته‌اند، به‌طوری‌که ایستگاه فسا که در اکثر ماه قبل سال فاقد الگوی معناداری بوده، در فصل

^۱HotSpot

تابستان در آن لکه دمایی گرم تشخیص داده شده است. لکه‌های دمایی سرد در سطوح اطمینان مختلف نیز در ماه‌های ژوئیه، اوت و سپتامبر از مرکز به سمت شمال شرق در حال جابجا شدن هستند. جابه‌جایی مرکز به شمال شرق لکه‌های دمایی گرم در فصل تابستان به دلیل عرض جغرافیایی پایین منطقه و آفتاب‌گیری زیاد ارتفاعات در سمت شمال شرق فارس می‌باشد. تغییرات خودهمبستگی فضایی دما در فارس در فصل پاییز بر اساس شاخص GI^* تقریباً مشابه فصل زمستان بوده است. با این وجود در این فصل از سال لکه‌های دمایی سرد از پوشش یا مساحت کمتری نسبت به دوره‌های قبل برخوردار بوده و در مجموع در ماه اکتبر ۲۲/۳۷، ماه نوامبر ۲۲/۹۱ و در دسامبر ۲۳/۳۵ درصد از مساحت استان دارای خودهمبستگی فضایی منفی و یا به عبارت دیگر دارای خوشه‌های دمایی سرد بوده است. مناطقی با خودهمبستگی فضایی مثبت در مجموع در ماه اکتبر ۲۶/۵۶ نوامبر ۲۵/۷۶ و دسامبر ۲۶/۱۱ از مساحت استان را تشکیل داده‌اند. در فصل بهار درصد مناطق با عدم معناداری به کمترین مقدار خود رسیده است که این امر به افت و خیز کمتر دما در این فصل از سال برمی‌گردد (در مجموع سه ماه ۴۸/۸۴ درصد از کل مساحت استان). این مقدار در فصل زمستان ۴۹/۳۱ درصد، در فصل تابستان ۴۹/۵۵ درصد و در فصل پاییز ۵۰/۹۸ بوده است. مطالعات قبلی که در میانگین دمای هوا با روش‌های کلاسیک مانند من کندال و غیره انجام شده، نشان داد که میانگین درجه حرارت در اکثر ایستگاه‌های موجود در ایران در دهه‌های اخیر افزایش یافته است (Gahraman, 2006). هرچند، سلطانی و سلطانی^۱ (۲۰۰۸) در مطالعات خود در شمال شرق ایران ترکیبی از روند مثبت و منفی در دمای حداکثر و حداقل نشان دادند. روند گرمایشی بدست آمده در این پژوهش تطابق زیادی با نتایج بدست آمده در پژوهش‌های صمدی^۲ (۲۰۰۶) و تبری و حسین زاده طلایی^۳ (۲۰۱۱) دارند.



شکل ۴- نتایج حاصل از پراکنش الگوی لکه داغ برای دما طی دوره مورد مطالعه
(منبع: نگارندگان)

¹ Soltani & Soltani

² Samadi

³ Tabari & Hoseinzadeh

جدول ۳- درصد مساحت تحت پوشش خوشه‌های دمایی فارس

نوع خوشه‌ی دمایی	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن
خوشه دمایی سرد در سطح ۰/۹۰	۱۶/۴۰	۱۵/۸۵	۱۶/۱۳	۱۶/۱۹	۱۶/۵۰	۱۷/۰۳
خوشه دمایی سرد در سطح ۰/۹۵	۴/۴۸	۴/۶۴	۴/۳۲	۴/۴۹	۴/۱۳	۳/۴۲
خوشه دمایی سرد در سطح ۰/۹۹	۳/۴۴	۳/۷۹	۳/۸۹	۴/۰۹	۳/۷۳	۲/۸۱
فاقد الگوی معناداری %	۴۹/۵۸	۴۹/۱۷	۴۹/۱۹	۴۹/۰۷	۴۸/۴۵	۴۹/۰۲
خوشه دمایی گرم در سطح ۰/۹۰	۳/۲۸	۲/۷۳	۳/۲۰	۳/۴۵	۳/۰۳	۳/۲۰
خوشه دمایی گرم در سطح ۰/۹۵	۵/۴۶	۶/۸۶	۶/۴۷	۵/۶۸	۷/۹۹	۸/۹۴
خوشه دمایی گرم در سطح ۰/۹۹	۱۷/۳۶	۱۶/۹۵	۱۶/۸۰	۱۷/۰۳	۱۶/۱۷	۱۵/۵۸
خوشه دمایی سرد در سطح ۰/۹۰	۱۷	۱۷/۲۷	۱۷/۰۳	۱۶/۶۸	۱۶/۴۶	۱۶/۲۴
خوشه دمایی سرد در سطح ۰/۹۵	۳/۰۷	۳/۰۴	۳/۱۶	۳/۳۱	۳/۷۱	۴/۱۸
خوشه دمایی سرد در سطح ۰/۹۹	۲/۳۸	۲/۲۸	۲/۳۲	۲/۳۸	۲/۷۴	۲/۹۳
فاقد الگوی معناداری %	۴۹/۸۴	۴۸/۵۰	۵۰/۳۲	۵۱/۰۷	۵۱/۳۳	۵۰/۵۴
خوشه دمایی گرم در سطح ۰/۹۰	۳/۰۳	۳/۲۰	۳/۱۰	۳/۰۵	۳/۴۰	۳/۰۳
خوشه دمایی گرم در سطح ۰/۹۵	۷/۸۷	۸/۶۸	۸/۵۱	۷/۲۷	۵/۶۶	۵/۶۴
خوشه دمایی گرم در سطح ۰/۹۹	۱۶/۸۱	۱۶/۰۳	۱۵/۵۶	۱۶/۲۴	۱۶/۷۰	۱۷/۴۴

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت روزافزون دما به‌ویژه دماهای روزانه در زندگی انسان و لزوم به‌روز کردن مطالعات دمایی، این پژوهش با هدف بررسی تغییرات الگوهای خودهمبستگی زمانی و مکانی خوشه‌های دمایی در استان فارس بر مبنای آخرین آمار دمایی انجام شده است. اهمیت مطالعه حاضر با توجه افزایش مقدار CO_2 جو، تغییر در مقدار رطوبت و ابرناکی، تغییرات کاربری و توسعه اراضی شهری بیش از پیش احساس می‌شده است. از آنجایی که اغلب ایستگاه‌های مورد مطالعه در پژوهش حاضر در شهرها و حواشی شهرها مستقرند و از آب‌وهوای شهری تأثیر می‌پذیرند اهمیت کار دوچندان شده است چراکه با آشکارسازی تغییرات خوشه‌های دمایی می‌توان به نوسانات جزایر دمایی نیز پی‌برد. یکی از شاخه‌های جالب و در حال رشد آمار فضایی مربوط به خودهمبستگی فضایی است. خودهمبستگی به رابطه بین مقادیر باقیمانده در طول خط رگرسیون مربوط می‌شود. از نظر آماری یک خودهمبستگی قوی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر باقیمانده باهم در ارتباط باشند، به‌عبارت‌دیگر تغییراتشان به‌صورت نظام‌مند رخ دهد. با این وجود، خودهمبستگی قوی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر یک متغیر از نظر جغرافیایی به هم نزدیک بوده و باهم مرتبط نیز باشند. همان‌طور که گفته شد این مطالعه تغییرات الگوهای خودهمبستگی فضایی خوشه‌های دمایی استان فارس را کانون توجه خود قرار داده است. به این منظور از روش موران جهانی و محلی و شاخص لکه‌های داغ GI^* استفاده شده است. برای دستیابی به این هدف از داده‌های دمایی کمینه و بیشینه ۲۵ ایستگاه همدیدی استان فارس و استان‌های اطراف آن طی دوره آماری مشترک ۳۳ ساله (۱۹۸۰-۲۰۱۲) استخراج گردید. نتایج حاصل از روش موران جهانی نشان داد که تغییرات خودهمبستگی فضایی خوشه‌های دمایی استان فارس از الگوی خوشه‌ای بالا پیروی می‌کند. از آنجایی که شاخص موران جهانی فقط نوع الگو را مشخص می‌کند لذا به منظور تغییرات خودهمبستگی فضایی خوشه‌های دمایی فارس از شاخص موران محلی و تحلیل لکه‌های داغ گتیس - اورد جی استفاده گردید. براساس هر دو شاخص، مناطق جنوب، جنوب‌غرب و جنوب‌شرق به نمایندگی ایستگاه‌های لارستان و لامرد نقش قابل توجهی در شکل‌دهی الگوهای خوشه‌های دمایی گرم با الگوی خوشه‌ای بالا داشته‌اند که این موضوع در مقاله طاوسی و

همکاران (۱۳۹۳) نیز مشهود می‌باشد. در آن مقاله نتایج نشان داده شده است که دمای کمینه در ایستگاه لار دارای روند صعودی یا به عبارتی دارای الگوی خوشه‌ای بالا می‌باشد. به طوری که مناطق نام‌برده از استان فارس دارای خود همبستگی فضایی مثبت بوده است. این در حالی است که نواحی دارای خود همبستگی فضایی منفی یا به عبارتی دیگر خوشه‌های دمایی سرد در هر ۱۲ ماه سال به بخش‌های مرتفع استان محدود شده است. در مجموع، مساحت بالایی از استان در هر دوازده ماه دوره مورد مطالعه فاقد الگوی معناداری یا به عبارتی فاقد خود همبستگی فضایی معنادار به لحاظ آماری بوده است. نتایج این پژوهش نشان داد که خوشه‌های دمایی در یک بازه زمانی بلندمدت تحت تعامل عوامل محلی و عناصر گردش جو شکل می‌گیرند، اما نقش آفرینی متفاوتی دارند. به طوری که آرایش جغرافیایی خوشه‌های دمایی را عوامل محلی، به ویژه ارتفاعات و عرض جغرافیایی شکل می‌دهد و بیانی واضح‌تر رد پای پیکربندی ناهموازی‌ها و نقش عرض جغرافیایی را می‌توان در آن‌ها مشاهده نمود؛ این در حالی است که نباید نقش عوامل بیرونی را در شکل‌گیری خوشه‌های دمایی نادیده گرفت؛ چرا که عوامل بیرونی یا تلویحاً همان عناصر گردش عمومی جو در تعیین رژیم حرارتی و آهنگ تغییرات دما در طول زمان نقش دارند. اگر به نقشه خوشه‌های دمایی استان فارس توجه نماییم، مشاهده می‌شود خوشه‌ها دمایی بالا و پایین شبیه به هم نیستند که این تباین ناشی از تأثیر عناصر گردش عمومی جو است. در مجموع نتایج پژوهش حاضر می‌تواند الگوی مناسبی برای سایر مطالعات فضایی فراسنج‌های اقلیمی باشد. چرا که مطالعات آمار فضایی می‌تواند در پیچه‌های نوین را پیش روی اقلیم‌شناسان بگشاید.

منابع و مأخذ

- طاوسی، تقی، رخشانی، زینب، فیروزی، فاطمه (۱۳۹۳)، تحلیل روند تغییرات بیشینه و کمینه دمای فصلی و سالانه استان فارس با استفاده از روش‌های ناپارامتری. مجله علمی و ترویجی نیوار، شماره ۸۷-۸۶، صص ۳۹-۲۹.
- عزیزی، قاسم، روشنی، محمود (۱۳۸۷)، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۱۳-۱۸.
- علیجانی، بهلول، قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۴)، مقایسه تغییرات دمای سالانه تبریز با ناهنجاری‌های دمایی کره زمین با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و شبکه عصبی، جغرافیا و توسعه، ۶، صص ۲۱-۳۸.
- محمدی، حسین (۱۳۹۰)، آب و هواشناسی شهری، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۴)، بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴، صص ۴۵-۲۹.
- Ageena, I., Macdonald, N., Morse, A. P. (2013), Variability of maximum and mean average temperature across Libya (1945–2009). *Theoretical and Applied Climatology*, pp.1-15.
- Anselin, L., Syabri I., Kho, Y. (2009), *Geo Da: an introduction to spatial data analysis*. In Fischer MM, Getis A (Eds) *Handbook of applied spatial analysis*. Springer, Berlin, Heidelberg and New York, pp. 73-89.
- Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M., Luković, J., Tošić, I. (2014), Spatial analysis of the temperature trends in Serbia during the period 1961–2010. *Theoretical and Applied Climatology*, pp.1-13.
- Ben-Gai, T., Bitan, A., Manes, A., Alpert, P., Rubin, S. (1999), Temporal and spatial trends of temperature patterns in Israel, *Theoretical and Applied Climatology*, 64, pp.163-177.
- Braganza, K., Karoly, D.J., Arblaster, J. M. (2004), Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century, *Geophysical Research Letters*, 31, L13217.
- Charlton, M., Lu, B., Fotheringham, A. S. (2011), Geographically weighted regression using a non-euclidean distance metric with a study on london house price data. *Procedia Environmental Sciences* 7, pp.92–97.
- De Lucena, A. J., Rotunno Filho, O. C., de Almeida França, J. R., de Faria Peres, L., Xavier, L. N. R. (2013), Urban climate and clues of heat island events in the metropolitan area of Rio de Janeiro. *Theoretical and applied climatology*, 111(3-4), pp. 497-511.
- Del Río, S., Herrero, L., Pinto-Gomes, C., Penas, A. (2011), Spatial analysis of mean temperature trends in Spain over the period 1961–2006. *Global and Planetary Change*, 78(1), pp. 65-75.
- Getis, A., Aldstadt, J. (2004), Constructing the spatial weights matrix using a local statistic. *Geogr Anal* 36(2), pp. 90-104.
- Ghahraman, B. (2006), Time trend in the mean annual temperature of Iran. *Turk J Agric For* 30, pp. 439–448.

- Griffith, D. (1987), *Spatial Autocorrelation: A Primer*. Resource Publication in Geography, Association of American geographers.
- Hasanean, H.M. (2001), Fluctuation of surface air temperature in the eastern Mediterranean, *Theoretical and Applied Climatology*, 68, pp. 75-87.
- Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H., Stoyan, D. (2008), *Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns*, John Wiley and Sons, Chichester, irrigation area, Australia, *Progress in Natural Science*, Vol. 19, Issue 12, pp.1773- 1779.
- Jacquez GM, Greiling DA. (2003), Local clustering in breast, lung and colorectal cancer in Long Island, New York. *Int J. Health Geographic*, 2:3.
- Jolliffe, I.T. A. Philipp, (2010), Some Recent Developments in Cluster Analysis, *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Vol. 35, Issues 9- 12, pp. 309- 315.
- Kaas, E., Frich, P. (1995), Diurnal temperature range and cloud cover in the Nordic countries: observed trends and estimates for the future, *Atmospheric Research*, 37, pp.211-228.
- Kendall, W. S. (1998), Perfect simulation for the area-interaction point process. In L. Accardi and C.C. Heyde, editors, *Probability Towards 2000*, Springer Lecture Notes in Statistics 128, pp.218–234.
- Kim, K.S. (1990), Industrialization process, employment and income distribution in Mexico, issues and strategies (Working Paper Number 131, January 1990).University of Notre Dame, The Helen Kellogg Institute for International Studies: <https://kellogg.nd.edu/publications/workingpapers/WPS/131.pdf>.
- Kim, S., Singh, V. P. (2014), Modeling daily soil temperature using data-driven models and spatial distribution. *Theoretical and Applied Climatology*, pp. 1-15.
- Kousari M.R., Ekhtesasi M.R., Tazeh M., Saremi Naeini M.A., Asadi Zarch M.A., (2010), An investigation of the Iranian climatic changes by considering the precipitation, temperature, and relative humidity parameters, *Theoretical and Applied Climatology*, 103, pp.321-335. (in Persian).
- Kundzewicz, Z. C., Giannakopoulos, M., Schwarb, I., Stjernquist, M., Szwed, J. (2008), Palutikof, Impacts of climate extremes on activity sectors – stakeholders’ perspective, *Theoretical and Applied Climatology*, 93, pp. 117- 132.
- Lu, B., Charlton, M., Fotheringham, A. S. (2011), Geographically weighted regression using a non– euclidean distance metric with a study on London house price data, *Procedia Environmental Sciences*, 7, pp. 92–97.
- Lu, B., Charlton, M., Harris, P. (2014), Geographically weighted regression with a non–Euclidean distance metric: a case study using hedonic house price data. *International Journal of Geographical Information Science* 28(4), pp.660–681.
- Mitchell, A. (2005), *The ESRI guide to GIS analysis, spatial measurements and statistics*, ESRI, Redlands [CA].
- Moller, j. (2008), *Handbook of Spatial Statistics*, John Wiley and Sons, Chichester, pp. 37-45.
- Nemeč, J., Gruber, C., Chimani, B., Auer, I. (2013), Trends in extreme temperature indices in Austria based on a new homogenised dataset. *International Journal of Climatology*, 33(6), pp.1538-1550.
- Razmi R., Balyani S., Mansouri Daneshvar, M.R. (2017), Geo-statistical modeling of mean annual rainfall over the Iran using ECMWF database. *Spatial Information Research* DOI: 10.1007/s41324-017-0097-3.
- Rogerson, P.A. (2006), *Statistics Methods for Geographers: students Guide*, SAGE Publications, Los Angeles, California.
- Smadi, M.M. (2006), Observed abrupt changes in minimum and maximum temperatures in Jordan in the 20th century, *Am. J. Environ. Sci.* 2 (3), pp.114–120.
- Smith, M. J., Goodchild, M. F., Longley, P. A. (2006), *Geospatial analysis*. Troubador, Leicester.
- Solow, A. R. (1987), testing for climate change: an application of the two-phase regression model, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 26, pp.1401-1405.
- Soltani, E., Soltani, A. (2008), Climatic change of Khorasan, North-East of Iran, during 1950–2004. *Res. J. Environ. Sci.* 2 (5), pp.316–322.
- Sun, W., Zhu, Y., Huang, S., Guo, C. (2015), Mapping the mean annual precipitation of China using local interpolation techniques. *Theor Appl Climatol.* 119, pp.171–180.
- Tabari, H., Marofi, S., Hosseinzadeh Talaee. (2011). Recent trends of mean maximum and minimum air temperatures in the western half of Iran, *Meteorol Atmos Phys*, 111, pp.121–131.
- Wheeler D, Paéz. (2009), Geographically Weighted Regression. In Fischer MM, Getis A (Eds) *Handbook of applied spatial analysis*. Springer, Berlin, Heidelberg and New York, pp.461-486.
- Wheeler D. (2007), A comparison of spatial clustering and cluster detection techniques for childhood leukemia incidence in Ohio, 1996-2003. *Int J Health Geographics* 6(1), pp.13.
- Zhang C, Luo L, Xu W, Ledwith V. (2008), Use of local Moran’s I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland. *Sci Total Environ* 398 (1-3), pp.212-221.
- Zhou, D. (2009), Climatic Regionalization Mapping of the Murrumbidgee irrigation area, Australia, *Progress in Natural Science*, Vol. 19, Issue 12, pp. 1773- 1779.