

مدلسازی روابط مکانی فشار بخار آب با استفاده از تکنیک آمار فضایی

یونس خسروی^۱

حسن لشکری^۲

علی اکبر متکان^۳

حسین عساکره^۴

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۳/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۴/۰۷/۱۶

چکیده

بررسی روابط مکانی داده‌های محیطی به عنوان یکی از مهمترین اهداف آمار فضایی برای تحلیل الگوهای فضایی و درک وابستگی‌های فضایی به حساب می‌آید. در این راستا تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی (ESDA) به خوبی توانسته است روش‌هایی را برای تمایز بین الگوهای فضایی تصادفی و غیرتصادفی فراهم آورد. لذا مقاله حاضر تلاش دارد تا با استفاده از ESDA به تبیین الگوهای مکانی یکی از عناصر مهم اقلیمی یعنی فشار بخار آب بپردازد. در این راستا آماره‌های موران عمومی (Moran's I) و موران محلی (Local Moran's Anselin) و LISA به عنوان رویکردهای ESDA به منظور تحلیل خودهمبستگی فضایی الگوهای مکانی فشار بخار آب بر اساس عوامل اقلیمی مورد استفاده قرار گرفت. یافته‌های آماره‌های موران عمومی نشان داد که فشار بخار آب در جنوب و جنوبغرب ایران دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده‌اند. بررسی‌های ماهانه نشان داد که فشار بخار آب در ماه‌های گرم سال نسبت به ماه‌های سرد از خودهمبستگی فضایی بالاتری برخوردار می‌باشد و در نتیجه تمایل بیشتری به خوشه‌ای شدن دارد. همچنین نتایج نشان داد که با گذشت زمان فشار بخار آب در جنوب و جنوبغرب ایران تمایل بیشتری به پراکنده شدن و عدم خوشه‌ای شدن در فضا پیدا کرده است. آماره موران دومتغیره برای فشار بخار آب و طول جغرافیایی، نشان‌دهنده خودهمبستگی فضایی قوی و مثبت و یک الگوی خوشه‌ای می‌باشد. از طرف دیگر رابطه بین فشار بخار آب و متغیرهای عرض جغرافیایی، ارتفاع و شیب حاکی از یک توزیع فضایی پراکنده و ناهمگنی خصوصیات آنها با مقادیر فشار بخار آب است. نتایج رابطه دو متغیره فشار بخار آب و جهات جغرافیایی شیب نیز، بیانگر ناپیوستگی و تصادفی بودن رابطه بین این دو متغیر است.

واژه‌های کلیدی: خودهمبستگی فضایی، آماره موران، تحلیل اکتشافی داده‌های محیطی، فشار بخار آب، عوامل جغرافیایی، جنوب و جنوبغرب ایران

۱- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی (نویسنده مسئول) younes_kh15@yahoo.com

۲- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی dr_lashkari61@yahoo.com

۳- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی a-matkan@sbu.ac.ir

۴- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان asakereh1@yahoo.com

۱- مقدمه

(Hosking, 1986:379). استفاده از رویکرد ESDA برای تحلیل

خودهمبستگی فضایی داده‌های اقلیمی، امری ضروری جهت بررسی تغییرات و توزیع فضایی-مکانی آنها به شمار می‌آید. لذا در این پژوهش یکی از پارامترهای اقلیمی یعنی فشار بخار آب که نقش مهمی در حیات انسان و همچنین موجودات زنده بازی می‌کند مورد توجه قرار گرفته است. شناخته شدن بخار آب به عنوان منبع اصلی بارش تمامی سیستم‌های آب و هوایی، تأمین کننده گرمای نهان در این فرآیند و کنترل کننده ساختار گرما در تروپوسفر (Serrano et al, 1999:88; Wentz et al, 2007:233; Trenberth and Stepaniak, 2003:3706; و همچنین تشدید کننده سرعت توفان‌ها (Allen and Sodden, 2008:1482) از جمله دلایلی است که توجه به این عنصر اقلیمی را در کره زمین بیش از پیش کرده است.

با بررسی‌های صورت گرفته در ارتباط با تأثیر عوامل مکانی بر روی فشار بخار آب، مشخص گردید تاکنون مطالعه‌ای در این رابطه صورت نگرفته است. در این رابطه آنچه که بیشتر مورد توجه اقلیم‌شناسان بوده است، تأثیر عوامل اقلیمی بر روی عناصری نظیر بارش (غیور و مسعودیان (۱۳۷۵)؛ عساکره و سیفی‌پور (۱۳۹۰)؛ Burns (۱۹۵۳)؛ Singh and Kumar (۱۹۹۷)؛ Glazirin (۱۹۹۷)؛ Ranhao et al (۲۰۰۸)؛ Hutchinson (۱۹۹۸)؛ Guan et al (۲۰۰۵)؛ علیجانی (۲۰۰۸)؛ علیجانی (۱۳۷۳)؛ غیور و مسعودیان (۱۳۷۵)؛ مرادی (۱۳۸۲) و رضیئی و عزیز (۱۳۸۷)؛ دما (صادقی‌نیا و همکاران (۱۳۹۲)؛ Streutker (۲۰۰۲)؛ Tran et al (۲۰۰۶) و Zahng et al (۲۰۰۷))، ... می‌باشد.

با توجه به مباحث مطرح شده در این پژوهش تلاش است تا با به کارگیری رویکردهای مهم ESDA یعنی آماره‌های موران سراسری^۳ و محلی^۴ به دو صورت تک متغیره و دو متغیره و نقشه‌های خودهمبستگی فضایی^۵ Lisa، ضمن کشف الگوهای مکانی موجود در مقادیر فشار بخار آب در جنوب و جنوبغرب ایران، مدل‌های مکانی مفهومی آنها نیز ارائه گردد.

افزون بر مطالعات تئوریک، امروزه گسترش ابزارها و مدل‌های جدید فضایی توانسته است ماهیتی عملی به نقش فضا در تبیین رفتار عناصر اقلیمی دهد. با توجه به ماهیت فضایی این عناصر، به کارگیری روش‌های معمول آماری یعنی آمار کلاسیک، به تنهایی نمی‌تواند نتایج قابل قبول و کاملی را ارائه نماید. بنابراین ایجاد ارتباطی بین روش‌های آمار فضایی و نقشه برای بهتر پی بردن به ماهیت فضایی عناصر اقلیمی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. در این میان ابداع ESDA توانست با ایجاد چنین ارتباطی، نقشه‌سازی پدیده‌ها را از توصیف مکانی به تحلیل فضایی و از طرفی درک تصویری بعد فضایی پدیده‌ها را ارتقاء دهد. در واقع ESDA به عنوان مجموعه روش‌هایی است که برای پی‌ریزی کردن نمایش تصویری داده‌های فضایی، مشاهده اندازه‌ها، وابستگی فضایی یا ناهمگونی فضایی به کار می‌روند (برتاو و همکاران، ۱۳۹۲:۹). از نگاه انسلین^۱ و همکاران (۲۰۰۷:۲۱۹)، ESDA زیر مجموعه تحلیل اکتشافی داده‌ها است که بر تمایز خصوصیات داده‌های فضایی، به ویژه بر خودهمبستگی فضایی و ناهمگونی فضایی تأکید می‌کند. به عبارت دیگر رویکردهای ESDA، به دنبال تشخیص تمایز بین الگوهای فضایی تصادفی و غیرتصادفی می‌باشد. به طور کل می‌توان دو رویکرد را برای ESDA در نظر گرفت. نخست رویکردی که به شناسایی الگوی رفتاری متغیرهای فضایی و بدون در نظر گرفتن رابطه‌شان با دیگر متغیرها می‌پردازد. رویکرد دوم به کشف صرف الگوها بسنده نکرده و به دنبال نقش فضا و عوامل مهم تأثیرگذار در تبیین توزیع فضایی یک متغیر، به بررسی نحوه تأثیرگذاری این عوامل بر آن می‌پردازد. آنچه که در رویکرد دوم به خوبی نمود پیدا می‌کند، مفهوم خودهمبستگی فضایی است. خودهمبستگی فضایی^۲ به این مفهوم است که ارزش صفت‌های مطالعه شده، دارای همبستگی (خودهمبسته) بوده و این همبستگی آنها قابل استناد به نظم جغرافیایی پدیده‌هاست (Clark and

3- Moran's I

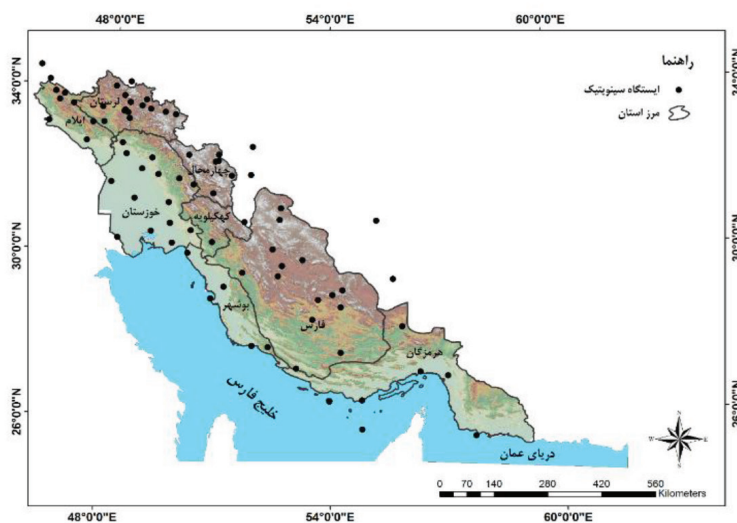
4- Moran's Anselin

5- Local Indicators of Spatial Association

1- Anselin

2- Spatial Autocorrelation

نگاره ۱: توزیع فضایی ۷۸ ایستگاه سینوپتیک
بررسی شده در جنوب و جنوبغرب ایران



جدول ۱: نتایج ارزیابی روش‌های درونیابی برای برآورد مقادیر فشار بخار آب

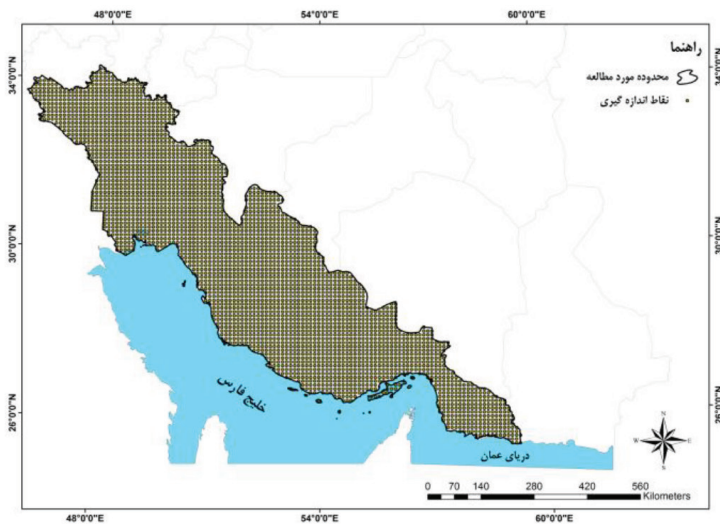
نتایج ارزیابی متقابل				الگو - تابع	روش	نتایج ارزیابی متقابل				الگو - تابع	روش	
R2	RMSE	MAE	MBE			R2	RMSE	MAE	MBE			
۰/۷۴	۰/۲۹۲	۰/۲۱۶	-۰/۰۳۳	دایره‌ای	SK	۰/۸	۰/۲۴	۰/۱۸۳	-۰/۰۱۱	دایره‌ای	OK	
۰/۷۳	۰/۲۹۴	۰/۲۱۷	-۰/۰۳۶			۰/۸	۰/۲۴	۰/۱۸۳	-۰/۰۱۲			کروی
۰/۷	۰/۳۱	۰/۲۳۰	-۰/۰۴۲			۰/۸	۲۴۰/۶	۰/۱۸۳	-۰/۰۱۲			نمایی
۰/۷۳	۰/۲۹۲	۰/۲۱۴	-۰/۰۳۱			۰/۷۸	۰/۲۵۱	۰/۱۹۶	-۰/۰۱۶			گوسی
۰/۷۱	۰/۳۰۴	۰/۲۲۴	-۰/۰۴			۰/۸۱	۰/۲۳۴	۰/۱۷۶	-۰/۰۱۱			درجه دو منطقی
۰/۷۸	۴/۳۶	۳/۰۷	-۰/۱۶	ST	RBF	۰/۷۱	۴/۹۷	۳/۴۵	-۰/۶۳	توان ۲	IDW	
۰/۷۷	۴/۵۴	۳/۲۱	-۰/۰۸۶			TPSS	۰/۸۳	۴/۹۹	۳/۴	-۰/۴۱		توان ۳
OK: Ordinary Kriging					RBF: Radial Basic Functions							
SK: Simple Kriging					ST: Spline with Tension							
IDW=Inverse Distance Weighting					TPSS: Thin Plate Spline							

جدول ۲: مقادیر آماره انتخاب بهترین شبکه‌بندی (یاخته‌های اقلیمی فشار بخار آب) بر اساس محدوده مورد مطالعه

قدرت تفکیک	۹×۹ کیلومتر	۱۰×۱۰ کیلومتر	۱۱×۱۱ کیلومتر
میزان خطا	۱۰۸۴۰۴۰۱۸۷/۱	۱۰۸۷۱۲۱۷۵۴/۸	۱۰۹۲۲۶۲۴۴۱/۳

۲- مواد و روش‌ها
۲-۱- مشخصات منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه
منطقه مورد مطالعه پهنه جغرافیایی جنوب و جنوبغرب ایران با مساحت ۳۶۰۲۱۰ کیلومتر مربع می‌باشد. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، مقادیر فشار بخار آب ۷۸ ایستگاه سینوپتیک موجود در پهنه مورد مطالعه با طول دوره آماری مناسب و بالاترین درجه تفکیک زمانی می‌باشد. نگاره (۱) موقعیت و نحوه پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

۲- مواد و روش‌ها
۲-۱- مشخصات منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه
منطقه مورد مطالعه پهنه جغرافیایی جنوب و جنوبغرب ایران با مساحت ۳۶۰۲۱۰ کیلومتر مربع می‌باشد. داده‌های مورد استفاده



نگاره ۲. داده‌های شبکه‌بندی شده فشار بخار آب با استفاده از روش کریجینگ و به ابعاد ۹ کیلومتر مربع

۲-۲ روش‌ها

جغرافیایی در سیستم مختصات لامبرت مخروطی به ترتیب 4200000 و 5550000 ، 30000000 و 31170000 در نظر گرفته شد؛ به طوری که سراسر منطقه مورد مطالعه با 3338 یاخته پوشیده می‌شود که هر یاخته برای هر روز دارای یک ارزش کمی از فشار بخار آب می‌باشد (نگاره ۲). پس از ترسیم نقشه‌های روزانه (۱۰۹۵۷ نقشه)، تمامی نقشه‌ها به ماتریس داده تبدیل شدند. بدین ترتیب در هر نقشه ارزش درایه n_{ij} برابر با ارزش یاخته n_{ij} از نقشه معادل است. از اتصال ماتریس هر روز به روزهای دیگر، ماتریس نهایی داده‌ها به ابعاد 3338×10957 حاصل شد. در نهایت با استفاده از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab، مقادیر فشار بخار آب به صورت میانگین ماهانه و سالانه برای هر یاخته استخراج شد که پایه محاسبات در مراحل بعدی قرار گرفت. برای محاسبه و ترسیم نقشه‌ها و نمودارهای مربوطه از نرم افزارهای Arc GIS 10.2 و Geoda 1.6 استفاده شده است.

۲-۳ خودهمبستگی فضایی سراسری^۱ (موران عمومی)

به عقیده انسلین^۲ مکان دارای دو نوع تأثیر وابستگی فضایی و ناهمگونی فضایی است: نخست همان همبستگی فضایی یا پیوستگی فضایی است که مستقیماً از قانون توبلر پیروی می‌کند. بدین معنی که ارزش‌های نزدیک به هم

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش، مقادیر فشار بخار آب ۷۸ ایستگاه سینوپتیک موجود در پهنه مورد مطالعه با طول دوره آماری مناسب و بالاترین درجه تفکیک زمانی می‌باشد. به منظور تهیه پایگاه داده فشار بخار آب، از میانبازی مشاهدات ۷۸ ایستگاه هم‌دید واقع در جنوب و جنوب‌غرب و با بازه زمانی ۱۹۸۱/۱/۱ تا ۲۰۱۰/۱۲/۳۱ استفاده گردید (نگاره ۱). برای انجام میانبازی، روش‌های مختلف زمین‌آمار نظیر کریجینگ (Kriging)، وزندهی فاصله معکوس (IDW)، و توابع پایه شعاعی (RBF) مورد آزمون قرار گرفتند و پس از ارزیابی خطا، روش بهینه برای انجام عملیات میانبازی انتخاب گردید. نتایج آنالیز روش‌های میانبازی، نشان‌دهنده برتری روش کریجینگ معمولی با تکنیک گوسی نسبت به سایر روش‌ها بود (جدول ۱). بنابراین با انتخاب روش کریجینگ به عنوان روش برتر، میانبازی داده‌های فشار بخار آب با برنامه‌نویسی در محیط Surfer 10 انجام و پایگاه داده با تفکیک مکانی 9×9 کیلومتر در سیستم تصویر لامبرت مخروطی هم‌شکل تهیه گردید. انتخاب تفکیک مکانی مذکور با توجه به نتایج آزمون ارزیابی متقابل صورت گرفت (جدول ۲). جدول ارزیابی خطا کمترین خطا را برای تفکیک مکانی 9×9 کیلومتر در نظر گرفته است. بر اساس این تفکیک مکانی، کمترین و بیشترین طول و عرض

1- Global Spatial Autocorrelation

2- Anselin

بین عارضه نوز که محدوده تأثیر وابستگی ساختار فضایی را نشان می‌دهد و بر اساس ارتباط همجواری (همسایگی) تعیین می‌شود و S_0 جمع کل وزن‌های فضایی است که از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{i,j} \quad (\text{رابطه ۲})$$

در آماره موران عمومی اعداد مثبت بیانگر وجود خودهمبستگی و یا به عبارتی دیگر شباهت بین مقادیر، اعداد منفی نشان‌دهنده ناهمگنی خصوصیات و اعداد صفر بیانگر ناپوستگی مکانی و یا تصادفی بودن رابطه می‌باشد.

۲-۴- خودهمبستگی فضایی محلی^۱ (موران محلی)-

LISA

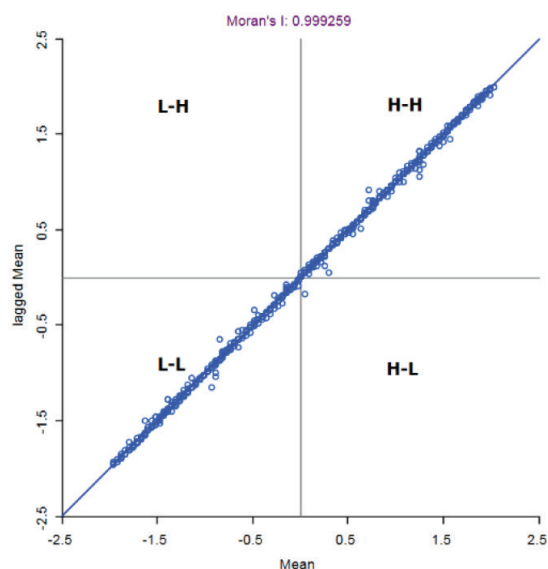
تکنیک‌های فضایی متنوعی برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا وجود دارد که یکی از معتبرترین آنها آماره انسلین موران محلی^۲ است. با در اختیار داشتن عوارض مکانی وزندهی شده و به کمک این آماره می‌توان نقاط با مقادیر کم یا زیاد که به طور خوشه‌ای توزیع شده‌اند و یا مقادیر با تفاوت ارزشی بالا (ناخوشه‌ها) را نمایش داد. آماره انسلین موران محلی به تبیین الگوی ارتباط فضایی یک پارامتر مکانی در محدوده همسایگی می‌پردازد. این آماره در سال ۱۹۹۵ توسط انسلین با هدف تشخیص مکان‌های محلی و پیشنهاد مکان‌های انفرادی مؤثر در پیوندهای فضایی ابداع شد (Yamada and Thill, 2007:270). این آماره برای منطقه i پیوند فضایی بین یک ارزش را در i و نزدیک به آن به روش زیر

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n W_{i,j} (x_j - \bar{X}) \quad (\text{رابطه ۳})$$

تعریف می‌کند: در این رابطه X_i خصیصه عارضه i ، میانگین خصیصه مربوطه $W_{i,j}$ وزن فضایی بین عارضه i و j می‌باشد که جمع وزن‌ها برابر ۱ است. در این رابطه S_i^2 برابر است با:

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n W_{i,j} (x_j - \bar{X})^2}{n-1} \quad (\text{رابطه ۴})$$

شباهت بیشتری با یکدیگر دارند و منجر به تجمع فضایی می‌شوند. دوم تأثیر فضایی متعلق به تفاوت‌های منطقه‌ای یا فضایی است که از بی نظیر بودن ذاتی هر مکان پیروی می‌کند (Anselin, 1992:10). تعیین درجه پخش بودن و یا متمرکز بودن عوارض در فضا با استفاده از آماره خودهمبستگی فضایی سراسری- موران عمومی امکانپذیر است.



نگاره ۳: نمودار پراکنش نگار موران عمومی (سراسری)

در واقع این آماره با هدف توصیف ویژگی‌های فضایی یک متغیر در کل ناحیه به کار برده می‌شود و با استفاده از آن می‌توان میانگین تفاوت فضایی بین تمام سلول‌های فضایی و سلول‌های مجاور آنها را شناسایی کرد (صادقی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲:۷۴). در آماره موران عمومی علاوه بر توجه به نحوه چیدمان عوارض، به خصایص عوارض هم توجه می‌شود و وضعیت خودهمبستگی فضایی با توجه به موقعیت مکانی و ارزش‌های درونی عوارض بررسی می‌گردد. آماره خودهمبستگی فضایی موران عمومی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{i,j} Z_i Z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n Z_i^2} \quad (\text{رابطه ۱})$$

در این رابطه N تعداد مشاهدات، Z_i تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه i با میانگین آن $(X_i - \bar{X})$ و $W_{i,j}$ وزن فضایی

1- Local Spatial Autocorrelation

2- Anselin Local Moran's I

فشار بخار آب به تفکیک‌های زمانی ماهانه و سالانه تبدیل و آماره مذکور برای این مقیاس‌ها محاسبه گردید. به دلیل تعداد زیاد نمودارهای گرافیکی این آماره، فقط به عنوان نمونه دو ماه ژانویه (نماینده فصل سرد) و جولای (نماینده فصل گرم) و همچنین دو سال ابتدایی و انتهایی دوره مورد مطالعه ارائه شده است (نگاره‌های ۴ و ۵). مقادیر استخراج شده این آماره در مقیاس‌های ماهانه و سالانه به ترتیب در نگاره‌های (۶ و ۷) نشان داده شده است. این مقادیر و همچنین آماره Z استاندارد در بازه‌های زمانی مورد مطالعه حاکی از معنی‌داری آنها در سطح ۹۹ درصد می‌باشد. با توجه به این مقادیر که همگی بالای ۰/۹ محاسبه شده‌اند و همچنین مقادیر بالای Z استاندارد که بزرگتر از ۲/۵ محاسبه شد، می‌توان نتیجه گرفت که رفتار فشار بخار آب در جنوب و جنوبغرب ایران در بازه‌های زمانی مورد مطالعه از یک الگوی خوشه‌ای با تمرکز بالا برخوردار بوده و مقادیر فشار بخار آب دارای خودهمبستگی فضایی مثبت معنی‌دار می‌باشند. بنابراین با توجه به فرضیات محتمل (H0 و H1)، فرض صفر که مبنی بر عدم وجود ارتباط فضایی در داده‌های فشار بخار آب در جنوب و جنوبغرب ایران است، رد شده و فرض یک که بیانگر وجود همبستگی بین این داده‌ها است مورد تأیید قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت داده‌های فشار بخار آب در جنوب و جنوبغرب ایران دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده‌اند. علاوه بر این محاسبات لازم است مشخص گردد که توزیع فضایی الگوی خوشه‌ای بدست آمده به چه نحو می‌باشد. از جمله روش‌های بررسی چگونگی توزیع الگوی فضایی داده‌ها، استفاده از پراکنش‌نگار آماره موران است. در نگاره‌های (۸ و ۹) به ترتیب پراکنش‌نگار آماره موران برای دو ماه ژانویه (نماینده فصل سرد) و جولای (نماینده فصل گرم) و همچنین دو سال ابتدایی و انتهایی آورده شده است. آنچه از پراکنش‌نگارهای ترسیم شده استنباط می‌شود، وجود خط شیب رگرسیون در مجاورت دو ناحیه یک (HH) و چهار (LL) است. این الگو نشان‌دهنده متمرکز بودن پیکسل‌های

در این رابطه، n برابر با تعداد کل عوارض می‌باشد. در این آماره امتیاز استاندارد Z محاسبه شده و در یک سطح اطمینان مورد آزمون قرار می‌گیرد. امتیاز استاندارد Z_{Ii} به صورت زیر محاسبه می‌شود (Cliff and Ord, 1981:189; Goodchild, 1986:10):

$$ZI_i = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در اینجا خواهیم داشت:

$$E[I_i] = -\frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n W_{i,j}}{n-1} \quad \text{رابطه (۶)}$$

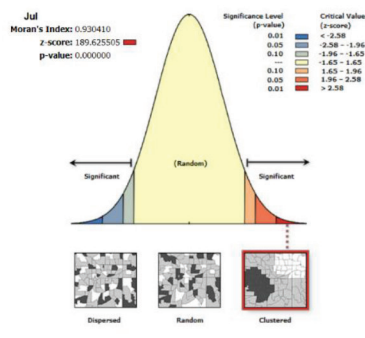
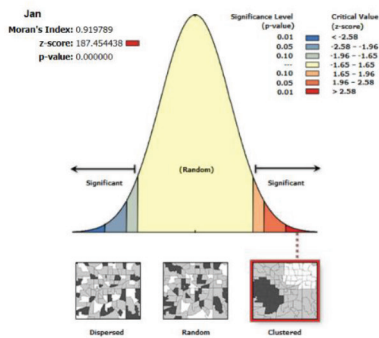
$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2 \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این تحلیل اگر مقدار I_i مثبت و معنی‌دار باشد بیانگر این است که سلول‌های موجود توسط سلول‌های مشابه خود محاصره شده‌اند. مقادیر مثبت I_i نشان‌دهنده این است که سلول‌های فشار بخار آب با مقادیر مشخص توسط سلول‌هایی با مقادیر مشابه همان سلول‌ها احاطه شده‌اند (بالا-بالا یا High-High یا پایین-پایین Low-Low). از طرف دیگر مقادیر منفی و معنی‌دار I_i بیانگر آن است که عارضه مورد نظر توسط عوارضی که از لحاظ ارزشی اصلاً مشابهتی با یکدیگر ندارند احاطه شده است (بالا-پایین High-Low یا پایین-بالا Low-High). که به این نوع عوارض، ناخوشه گفته می‌شود. وجود چنین عوارضی حاکی از همبستگی فضایی منفی است. نگاره ۳ نمودار پراکنش‌نگار موران عمومی می‌باشد که نحوه قرارگیری نقاط در چهار ربع مذکور و همچنین نوع خوشه‌ها را نشان می‌دهد. در این نمودار علایم H-L، H-H، L-L، L-H مبین چهار ربع از پراکنش‌نگار خودهمبستگی فضایی آماره موران می‌باشد.

۳- بحث

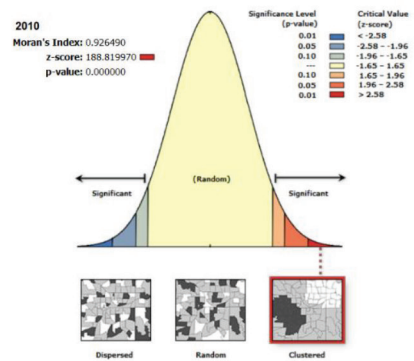
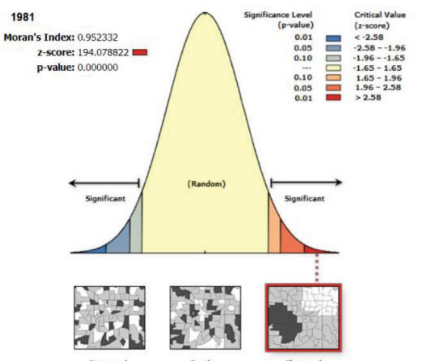
۳-۱ خودهمبستگی فضایی سراسری

به منظور تعیین وجود یا عدم وجود خودهمبستگی فضایی در مقادیر فشار بخار آب و چگونگی نحوه توزیع آنها با استفاده از آماره موران عمومی (Moran's I) ابتدا مقادیر

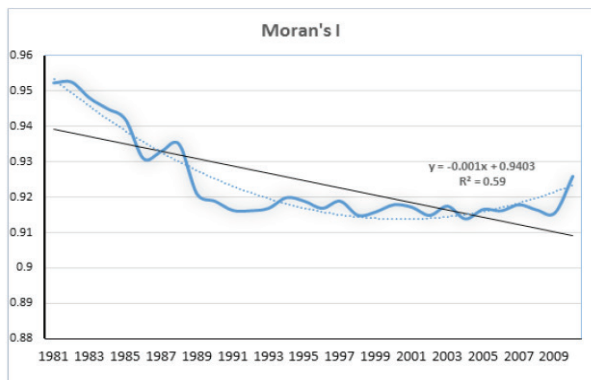


نگاره ۴: نمایش گرافیکی نتایج خودهمبستگی فضایی آماره موران عمومی برای فشار بخار آب ماهانه جنوب و جنوبغرب ایران

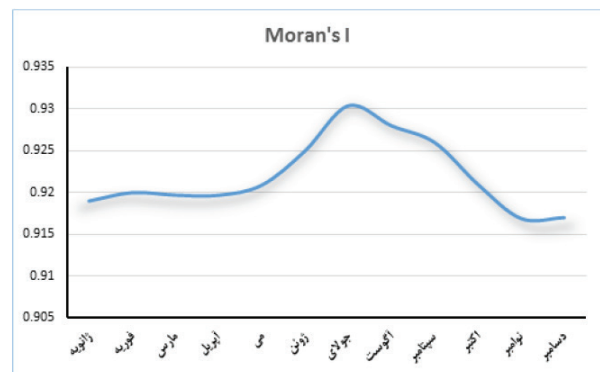
نگاره ۵: نمایش گرافیکی نتایج خودهمبستگی فضایی آماره موران عمومی برای فشار بخار آب سالانه جنوب و جنوبغرب ایران



موجود در همسایگی یکدیگر به صورت الگوی خوشه‌ای و در نتیجه حاکی از پیوستگی مثبت بین داده‌های فشار بخار آب است. به عبارت دیگر یک الگوی خوشه‌ای با همسایگی ارزش‌های بالا و یک الگوی خوشه‌ای با ارزش‌های پایین پیکسل‌ها در فضا ایجاد شده است.



نگاره ۷: تغییرات زمانی خودهمبستگی فضایی موران عمومی فشار بخار آب سالانه در جنوب و جنوبغرب ایران طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰



نگاره ۶: تغییرات زمانی خودهمبستگی فضایی موران عمومی فشار بخار آب ماهانه در جنوب و جنوبغرب ایران طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰

در واقع مقادیر خودهمبستگی بین مقادیر ۰/۹۱۷ تا ۰/۹۳۰ در نوسان است و این بدین معنی است که مقدار خودهمبستگی فضایی در طول سال به مقدار ۰/۰۱۳ متغیر است. شاید این مقدار ناچیز باشد اما همین مقدار نشان دهنده تغییر در خودهمبستگی فضایی در ماه‌های مختلف سال

با بررسی مقادیر خودهمبستگی فضایی موران در ماه‌های مختلف سال (نگاره ۶) مشخص می‌گردد که ماه‌های نوامبر و

جدول ۳: خودهمبستگی فضایی بین فشار بخار آب و عوامل جغرافیایی در جنوب و جنوبغرب ایران

P-Value	Moran's I	ضرائب شاخص متغیرهای مستقل
۰	۰/۶۲۵	طول جغرافیایی
۰	-۰/۷۷۹	عرض جغرافیایی
۰	-۰/۶۶۸	ارتفاع
۰	-۰/۱۸۷	شیب
۰	-۰/۰۱۷۸	جهت جغرافیایی شیب

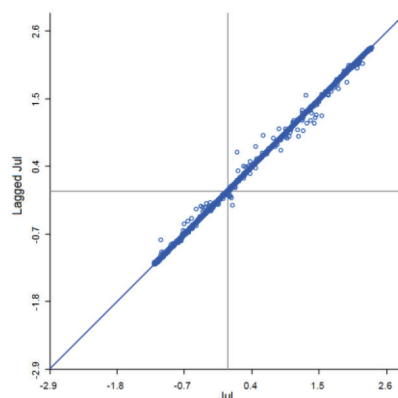
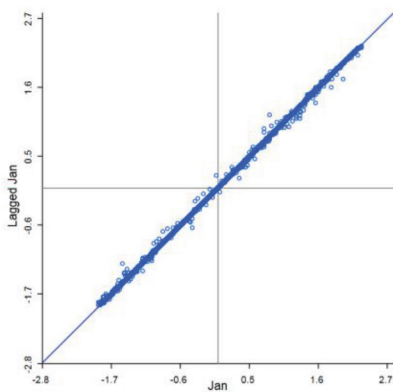
۲-۳ پراکنش موران دومتغیره و LISA بین فشار بخار آب و عوامل جغرافیایی

در این بخش، هدف تعیین روابط بین فشار بخار آب و عوامل جغرافیایی نظیر طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، شیب و جهات جغرافیایی با استفاده از آماره چندمتغیره موران است. نتایج آماره موران عمومی در جدول ۳ آورده شده است. طبق این جدول مشخص می‌شود که فشار بخار آب با عوامل طول جغرافیایی و جهات جغرافیایی شیب رابطه مثبت معنی‌دار و با عوامل عرض جغرافیایی، ارتفاع و شیب رابطه منفی دارد. میزان آماره موران محاسبه شده برای رابطه فشار بخار آب و طول جغرافیایی (۰/۶۲۵)، نشان از خودهمبستگی فضایی قوی و مثبت بین این دو متغیر دارد و حاکی از یک الگوی خوشه‌ای است. از طرف دیگر مقادیر منفی آماره موران چندمتغیره در رابطه بین فشار بخار

و در نتیجه تغییر در نحوه خوشه‌ای بودن و یا پراکنده بودن مقادیر فشار بخار آب است.

با بررسی دقیق‌تر مشخص می‌گردد که مقادیر فشار بخار آب در جنوب و جنوبغرب ایران در فصول گرم سال (تابستان و بهار) نسبت به فصول سرد (زمستان و پاییز) از خودهمبستگی فضایی بالاتری برخوردار است. این بدان معنی است که در فصل گرم سال مقادیر فشار بخار آب تمایل بیشتری به خوشه‌ای شدن دارند.

نگاره (۷) وضعیت خودهمبستگی فضایی مقادیر فشار بخار آب را در مقیاس سالانه (۲۰۱۰-۱۹۸۱) نشان می‌دهد. با بررسی این نگاره مشخص می‌گردد که تغییرات مقادیر خودهمبستگی در طول دوره ۳۰ ساله مورد بررسی، دارای فراز و نشیب‌هایی بوده است. طی این بررسی مشخص می‌شود که از ابتدای دوره یعنی از سال ۱۹۸۱ تا سال ۱۹۹۲ مقادیر خودهمبستگی فضایی فشار بخار آب با سرعت زیادی در حال کاهش بوده است اما بعد از این دوره روند کاهشی خود همبستگی با سرعت بسیار ملایم‌تری ادامه یافته است، به طوری‌که در سال‌های انتهایی یعنی از ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ روندی صعودی ولی با شیب کم به خود گرفته است. در یک بررسی کلی و طبق روندی که در نگاره ۷ مشخص شده است، مقادیر خود همبستگی فشار بخار آب طی دوره آماری ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ با شیب بسیار کم ۰/۰۰۱ سیر نزولی داشته است. در این مقیاس مشخص می‌گردد که مقدار آماره موران در سال ۱۹۸۱ از مقدار ۰/۹۵۲۳ به ۰/۹۲۶ در سال ۲۰۱۰ رسیده است.



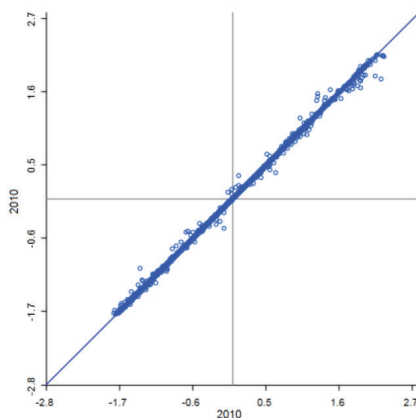
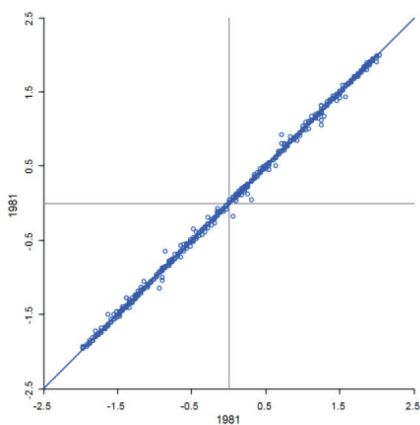
نگاره ۸: نمودار پراکنش نگار موران عمومی (سراسری) فشار بخار آب ماهانه جنوب و جنوبغرب ایران برای دو ماه ژانویه و جولای

نقاط فشار بخار آب و طول جغرافیایی که مبین مقدار آماره موران است، مقدار $0/6253$ را نشان می‌دهد که نشان‌دهنده خودهمبستگی مثبت بین این دو متغیر است. با توجه به نگاره (۱۱) ارزش‌های مشابه یعنی فشار بخار آب بالا و طول جغرافیایی بالا (بالا-بالا) و فشار بخار آب پایین و طول جغرافیایی پایین (پایین - پایین) به ترتیب در شرق و شمال غرب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. تجمع فضایی فشار بخار آب پایین و طول جغرافیایی بالا (پایین-بالا) و فشار بخار آب بالا و طول جغرافیایی پایین (بالا-پایین) به ترتیب در بخش‌های شرقی استان فارس و غرب استان خوزستان قابل مشاهده است. همچنین یاخته‌های بدون معنی‌داری در بخش‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده است. از لحاظ وسعت، ناخوشه‌های پایین-بالا و یاخته‌های بدون معنی‌داری به ترتیب کمترین و بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. به طوری که تعداد یاخته‌هایی که به صورت ارزش بالا-بالا بوده و با خودهمبستگی فضایی خوشه‌هایی را ایجاد کرده‌اند، ۶۲۲ مورد و خوشه‌های ارزش‌های پایین-پایین ۶۵۴ مورد می‌باشد. تعداد یاخته‌های با ارزش‌های فشار بخار آب پایین که توسط یاخته‌های با ارزش‌های بالای طول جغرافیایی احاطه شده است (پایین-بالا) ۶۷ مورد می‌باشد. همچنین تعداد ۲۰۸ یاخته در منطقه وجود دارد که نشان‌دهنده یاخته‌های فشار بخار آب بالا است که در مجاورت یاخته‌های طول جغرافیایی پایین (بالا-پایین) قرار گرفته‌اند. در نگاره (۱۲) معنی‌داری LISA

آب و متغیرهای عرض جغرافیایی، ارتفاع و شیب حاکی از یک توزیع فضایی پراکنده در این روابط و ناهمگنی خصوصیات آنها با مقادیر فشار بخار آب است. مقدار بسیار پایین و نزدیک صفر آماره دو متغیره فشار بخار آب و جهات جغرافیایی شیب ($0/0178$) نیز، بیانگر ناپیوستگی و تصادفی بودن رابطه بین این دو متغیر است.

برای نمایش ارتباط فضایی بین فشار بخار آب و عوامل جغرافیایی، از آماره محلی پیوستگی فضایی یا LISA استفاده شد. آماره LISA معیاری برای ارزیابی میزان پیوستگی فضایی بین ارزش یک متغیر در یک مکان با همسایه‌اش را فراهم می‌کند. به منظور نمایش ارتباط فضایی بین فشار بخار آب و عوامل جغرافیایی، نقشه‌های خودهمبستگی فضایی آماره موران چندمتغیره، وضعیت معنی‌داری فضایی و پراکنش‌نگار آنها برای رابطه فشار بخار آب با هر کدام از عوامل مکانی ترسیم گردید.

نگاره (۱۰) تجمع فضایی دو متغیره LISA بین فشار بخار آب و طول جغرافیایی را نشان می‌دهد. متغیر طول جغرافیایی که دارای بیشترین میزان شاخص خودهمبستگی موران دو متغیره بود، در اینجا نیز می‌توان با توجه به این مشخصه آنرا تفسیر کرد. نمودار پراکنش‌نگار آماره موران دو متغیره فشار بخار آب و طول جغرافیایی، حاکی از معنی‌داری اکثر پیکسل‌ها با شیب مثبت و در جهت ربع چهارم به ربع اول (نقاط پایین-پایین به سمت نقاط بالا-بالا) می‌باشد. شیب خط رگرسیون گذرانده شده از میان



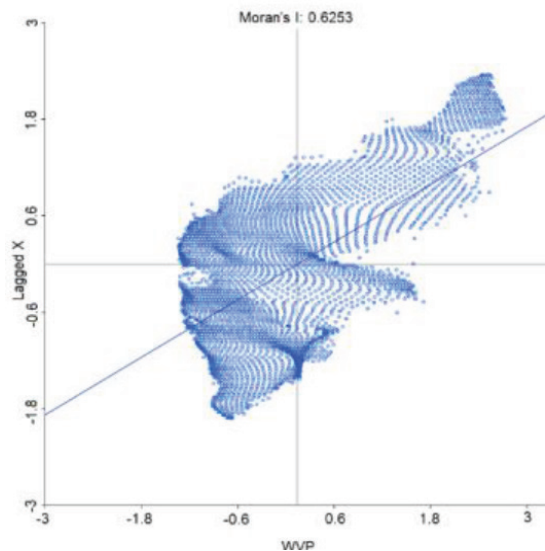
نگاره ۹: نمودار پراکنش‌نگار موران عمومی (سراسری) فشار بخار آب سالانه جنوب و جنوبغرب ایران برای دو سال ۱۹۸۱ و ۲۰۱۰

نگاره‌های ۱۳ تا ۱۵ نقشه‌ها و نمودارهای حاصل از رابطه فشار بخار آب و عرض جغرافیایی را نشان می‌دهد. نمودار دومتغیره موران محلی حاکی از رابطه معکوس معنی‌دار بین دو متغیر فشار بخار آب و عرض جغرافیایی است. شیب خط رگرسیون گذرانده در این نمودار، عدد $0.779-$ را نشان می‌دهد که حاکی از عدم خودهمبستگی بین داده‌ها و در واقع وجود توزیع پراکنده می‌باشد (نگاره ۱۳). طبق این نمودار اکثر یاخته‌ها با شیب منفی و در جهت ربع سوم به ربع دوم (نقاط بالا-پایین به سمت نقاط پایین-بالا) توزیع شده‌اند. نقشه آماره دومتغیره موران این توزیع را بهتر نشان می‌دهد (نگاره ۱۴). بر اساس این نقشه، نقاط بالا-پایین (فشار بخار آب بالا و عرض جغرافیایی پایین) به تعداد ۸۵۸ یاخته و نقاط پایین-بالا (فشار بخار آب پایین و عرض جغرافیایی بالا) به تعداد ۷۶۶ یاخته به ترتیب در جنوب و جنوبشرق (حاشیه دریای عمان و نیمه جنوبی خلیج فارس) و شمالغرب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شوند.

تجمع نقاط بالا-بالا به مقدار بسیار کم، حدود ۳۹ یاخته، در شمالغرب خوزستان و نقاط پایین-پایین بخش‌های جنوبی استان فارس با حدود ۲۴ یاخته، قابل مشاهده است. یاخته‌های بدون معنی‌داری نیز همانند نقشه دومتغیره فشار بخار آب و طول جغرافیایی در بخش‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه به تعداد ۱۶۵۱ مورد دیده می‌شود. بر

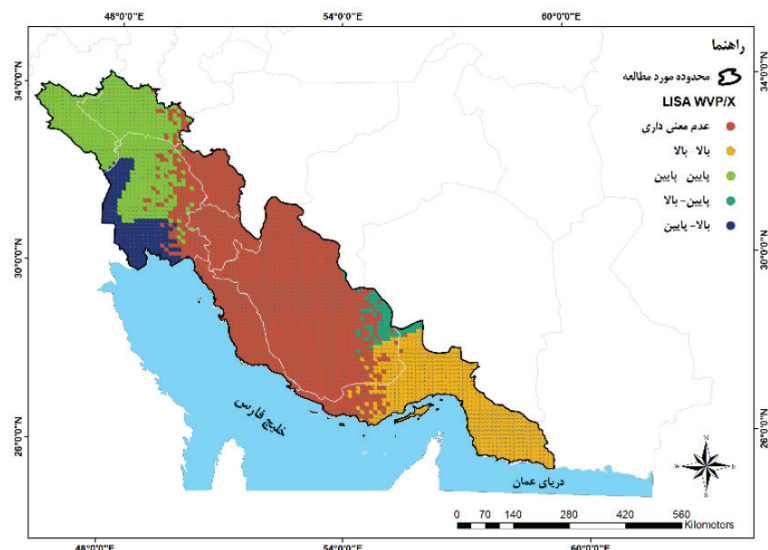
های فشار بخار آب و طول جغرافیایی نشان داده شده است که بیش از ۶۰ درصد مساحت نقاط بالا-بالا و پایین-پایین از سطح معنی‌داری ۹۹ درصد و باقی منطقه از سطح معنی‌داری ۹۵ درصد پیروی می‌کنند.

حدود نیمی از بخش‌های پایین-بالا از سطح معنی‌داری پیروی نمی‌کنند و فرضیه صفر برای بخش‌های مذکور تأیید می‌شود. همچنین بیش از ۵۰ درصد نقاط بالا-پایین در محدوده معنی‌داری ۹۹ درصد و ۵۰ درصد آن در محدوده معنی‌داری ۹۵ درصد قرار گرفته است.

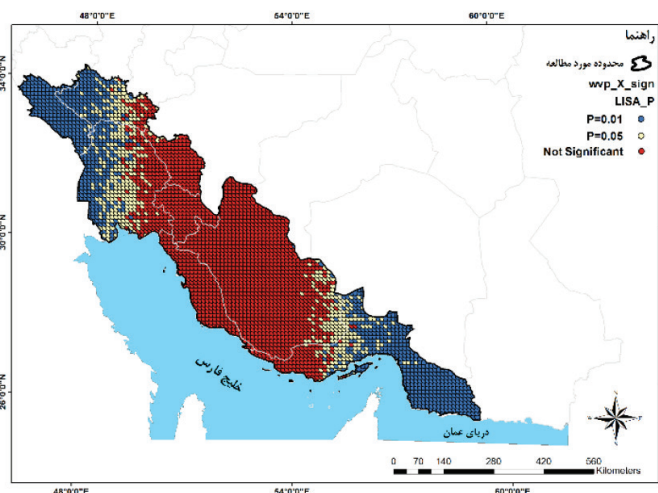


نگاره ۱۰: نمودار پراکنش نگار موران محلی میانگین فشار بخار آب و طول جغرافیایی

نگاره ۱۱: نقشه دومتغیره LISA بین فشار بخار آب و طول جغرافیایی

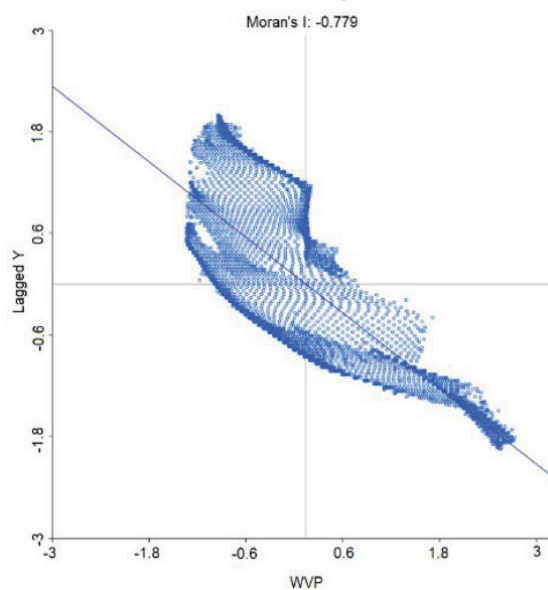


نگاره ۱۲: نقشه معنی داری دو متغیره LISA بین فشار بخار آب و طول جغرافیایی

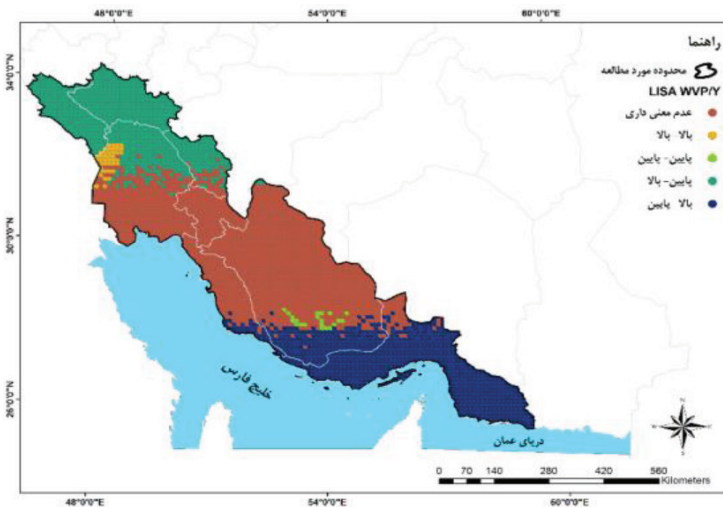


رابطه فشار بخار آب و ارتفاع همانند رابطه فشار بخار آب با عرض جغرافیایی، دارای شیب منفی می باشد. البته شیب آهسته تر خط گذرانده شده در این رابطه، حاکی از معنی داری کمتر نقاط در رابطه فشار بخار آب و ارتفاع است. طبق نمودار پراکنش نگار (نگاره ۱۶)، مقدار آماره موران دو متغیره $0/668-$ محاسبه شده است. در این نمودار پراکنش نقاط با شیب منفی و در جهت ربع سوم به ربع دوم (نقاط بالا-پایین به سمت نقاط پایین-بالا) توزیع شده اند. بر اساس این نمودار بیشترین پراکنش در ربع دوم و به تعداد 803 یاخته می باشد؛ بدین معنی که نقاط پایین-بالا در منطقه بیشتر توزیع شده اند. طبق نقشه رابطه دو متغیره موران فشار بخار آب و ارتفاع (نگاره ۱۷) مشخص می گردد که حاشیه سواحل جنوبی کشور (از دریای عمان تا انتهای خلیج فارس) که از ارتفاع کمتری برخوردار است، توسط نقاط فشار بخار آب بالا احاطه شده است و این نشان دهنده یک رابطه منفی می باشد. لذا پراکنش نقاط بالا-پایین (فشار بخار آب بالا و ارتفاع پایین) در این بخش از منطقه و به تعداد 676 یاخته صورت گرفته است. از طرف دیگر ارتفاعات زاگرس که به عنوان مرتفع ترین بخش منطقه مورد مطالعه می باشد، توسط نقاطی با فشار بخار آب پایین احاطه شده اند. لذا طبق انتظارات قبلی، تجمع نقاط پایین-بالا (فشار بخار آب پایین و ارتفاع بالا) و به تعداد 803 یاخته فقط در این بخش از منطقه مشاهده گردید.

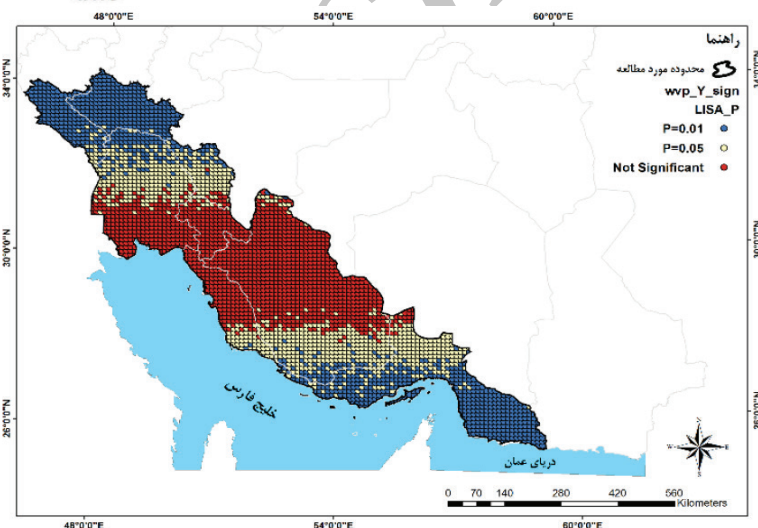
اساس نقشه معنی داری LISA های فشار بخار آب و عرض جغرافیایی (نگاره ۱۵) معنی داری تمامی گروه های تجمع فضایی تأیید نمی شوند. به طوریکه اکثر نقاط پایین-پایین از سطح معنی داری پیروی نمی کنند و وقوع این فرض در بخش های جنوبی منطقه رد می شود. حدود نیمی از نقاط بالا-پایین و پایین-بالا در سطح معنی داری ۹۵ درصد و نیمی دیگر در سطح معنی داری ۹۹ درصد قرار گرفته اند. همچنین نقاط بالا-بالا در سطح معنی داری ۹۵ درصد واقع شده اند.



نگاره ۱۳: نمودار پراکنش نگار موران محلی میانگین فشار بخار آب و عرض جغرافیایی



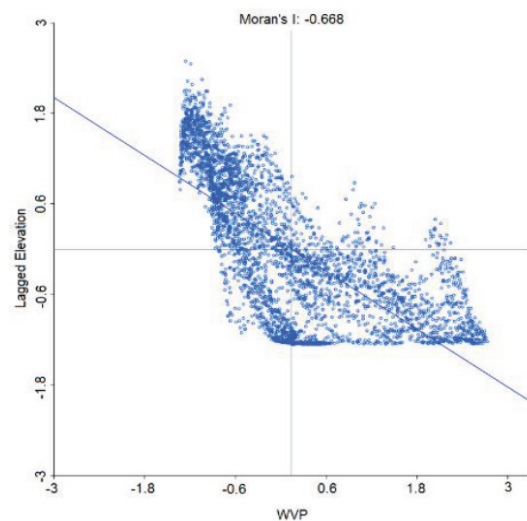
نگاره ۱۴: نقشه دو متغیره LISA بین فشار بخار آب و عرض جغرافیایی



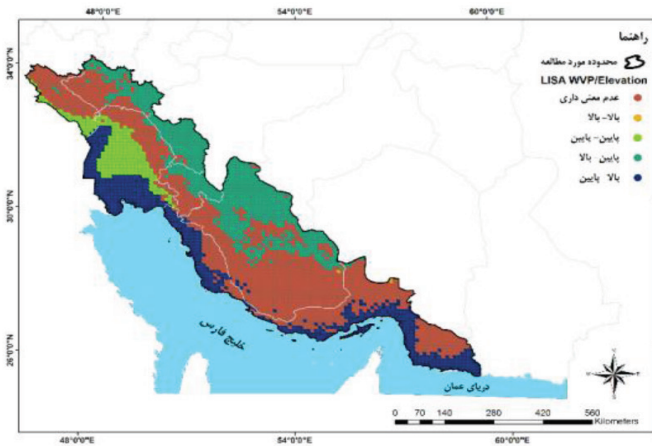
نگاره ۱۵: نقشه معنی داری دو متغیره LISA بین فشار بخار آب و عرض جغرافیایی

توزیع نقاط پایین-پایین (فشار بخار آب پایین و ارتفاع پایین) در جلگه خوزستان و به تعداد ۲۳۶ یاخته قابل مشاهده است. نکته جالب در این نقشه عدم توزیع نقاط بالا-بالا بجز در یکی دو مورد می باشد. بدین معنی که نقاطی با ارتفاع بالا و فشار بخار آب بالا وجود ندارد و دلیل آنها رابطه معکوس فشار بخار آب با ارتفاع است. طبق نقشه معنی داری رابطه فشار بخار آب و ارتفاع (نگاره ۱۸)، توزیع تمامی نقاط در سطوح مختلف معنی داری تأیید می شود.

نگاره ۱۹ رابطه موران دو متغیره فشار بخار آب و شیب را نشان می دهد. طبق این نمودار مشخص می گردد که رابطه فشار بخار آب و شیب نسبت به سه متغیر قبلی بسیار پایین تر می باشد. به طوری که شیب خط رگرسیون گذرانده

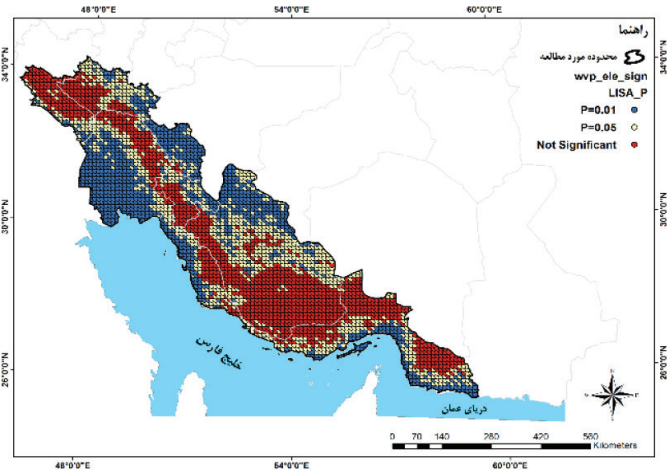


نگاره ۱۶: نمودار پراکنش نگار موران محلی میانگین فشار بخار آب و ارتفاع

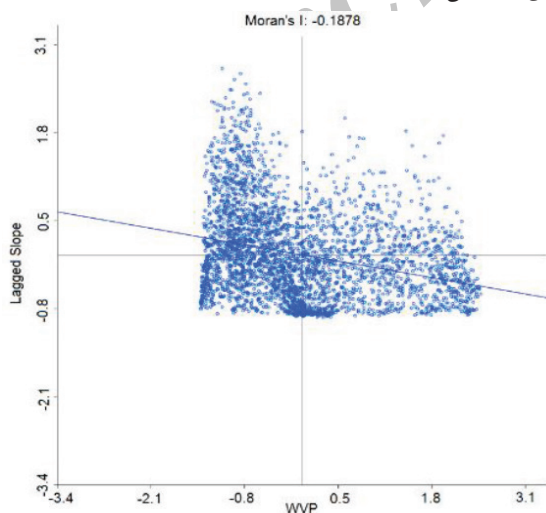


نگاره ۱۷: نقشه دومتغیره LISA بین فشار بخار آب و ارتفاع

نگاره ۱۸: نقشه معنی داری دومتغیره LISA بین فشار بخار آب و ارتفاع



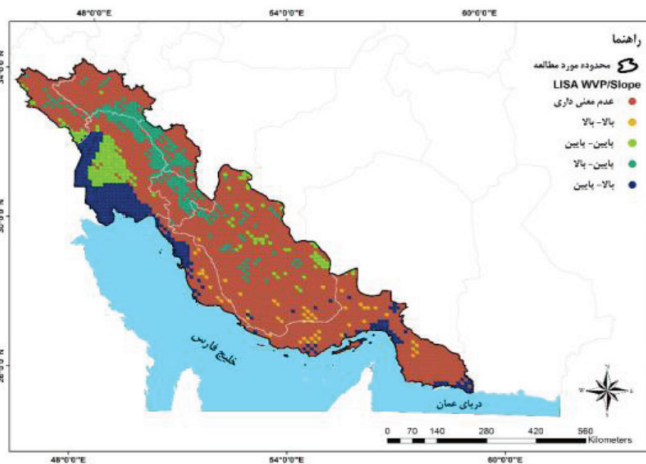
این منطقه او به تعداد بسیار کم در بخش‌های غربی استان فارس تشکیل داده‌اند.



نگاره ۱۹: نمودار پراکنش نگار موران محلی میانگین فشار بخار آب و شیب

شده از بین این دو متغیر حاکی از رابطه بسیار ضعیف است. طبق این نمودار، آماره موران به میزان -0.1878 محاسبه شده است که نشان از یک توزیع پراکنده ضعیف بین این دو پارامتر است. این توزیع پراکنده را به صورت نقاط با عدم معنی داری در نقشه موران دومتغیره (نگاره ۲۰) می‌توان مشاهده کرد. طبق این نقشه بیشترین توزیع نقاط در قالب نقاط فاقد معنی داری می‌باشد. بدین معنی که نقاط هیچگونه ارتباطی با یکدیگر نداشته و یا رابطه آنها بسیار ضعیف است. وجود نقاط بالا-پایین در برخی مناطق حاشیه دریای عمان و بخش‌های حاشیه شمالی خلیج فارس حاکی از آن است که فشار بخار آب‌های بالا فقط در این مناطق در کنار شیب‌های پایین قرار گرفته است.

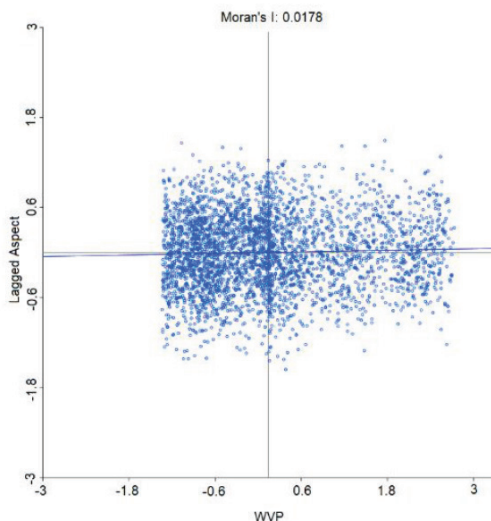
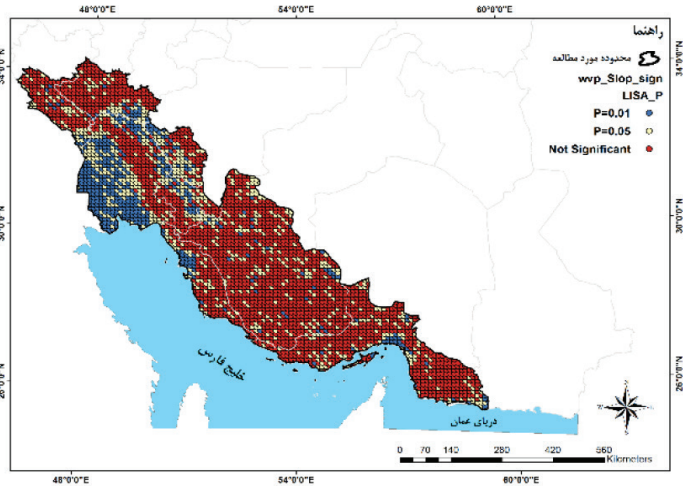
در جلگه خوزستان که از شیب بسیار کمی برخوردار است نقاطی با مقادیر فشار بخار آب پایین نمود پیدا کرده است و خوشه‌های پایین-پایین را به تعداد ۱۹۹ یاخته در



نگاره ۲۰: نقشه دومتغیره LISA بین فشار بخار آب و

شیب

نگاره ۲۱: نقشه معنی‌داری دومتغیره LISA بین فشار بخار آب و شیب



نگاره ۲۲: نقشه دومتغیره LISA بین فشار بخار آب و جهت شیب

خط رگرسیون گذرانده بین دو متغیر فشار بخار آب و جهت جغرافیایی شیب به گونه‌ای محاسبه شده است که

طبق انتظارات قبلی وقوع نقاط پایین-بالا در ارتفاعات زاگرس به تعداد ۳۰۸ یاخته قابل مشاهده است.

براین اساس فشار بخار آب‌های پایین در کنار شیب‌های تند زاگرس، تشکیل خوشه‌های پایین-بالا را داده‌اند. آنچه در این نقشه قابل ملاحظه است تعداد بسیار اندک نقاط بالا-بالا می‌باشد که به صورت پراکنده و تک یاخته‌هایی در بخش‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه نمود پیدا کرده‌اند. بر اساس نقشه معنی‌داری (نگاره ۲۱) تمامی نقاط در سطوح معنی‌داری قابل قبول توزیع شده‌اند.

رابطه بین فشار بخار آب و جهات جغرافیایی شیب در نگاره (۲۲) نشان داده شده است. متغیر جهات جغرافیایی شیب که کمترین مقدار خودهمبستگی موران دومتغیره با فشار بخار آب را به خود اختصاص داده بود (۰/۰۱۷)، در نمودار پراکنش نگار توزیعی پراکنده را نشان می‌دهد.

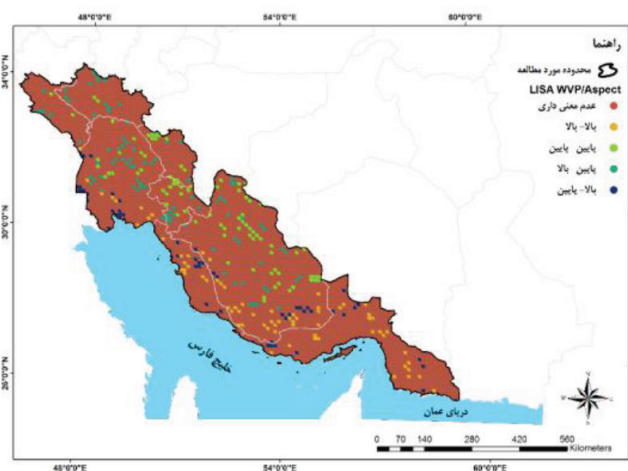
۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

استفاده از آماره موران عمومی به منظور بررسی وجود و یا عدم وجود خودهمبستگی فضایی مقادیر فشار بخار آب صورت گرفت. نتایج به دست آمده حاکی از معنی‌داری این آماره در سطح ۹۹ درصد و همچنین نشان از رفتار خوشه‌ای مقادیر فشار بخار آب در جنوب و جنوب‌غرب ایران است. بنابراین با قاطعیت می‌توان گفت که فشار بخار آب در جنوب و جنوب‌غرب ایران دارای ساختار فضایی بوده و به شکل خوشه‌ای توزیع شده‌اند. بدان معنی که رخداد این عنصر و توزیع و پراکنش آن در فضا تحت الگو و دلیلی خاص صورت پذیرفته است و قابل استناد به نظم جغرافیایی پدیده‌هاست. لذا نمی‌توان آنرا تصادفی فرض نمود. تعیین نوع ارتباط فضایی با استفاده از پراکنش‌نگار آماره موران انجام پذیرفت. نتایج نشان داد که رخداد مقادیر

به صفر موران بسیار نزدیک می‌باشد و هیچگونه روند یا جهتی را طی نمی‌کند. لذا می‌توان گفت که بر اساس آماره موران، در رابطه بین فشار بخار آب و جهات جغرافیایی شیب توزیع خوشه‌ای بسیار نادر و یا به عبارتی بهتر توزیعی تصادفی است.

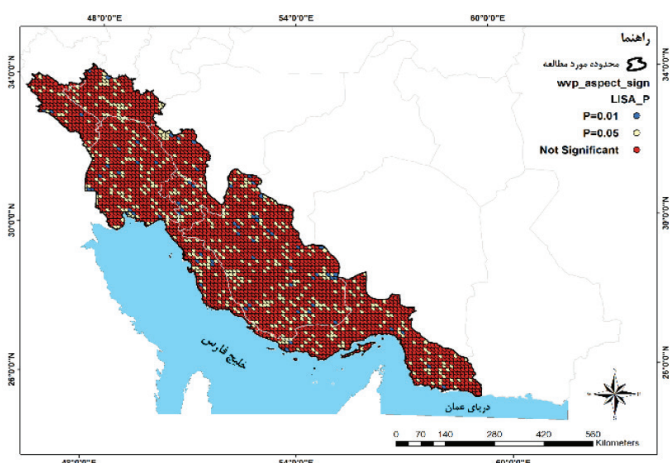
تجمع فضایی دو متغیره LISA بین فشار بخار آب و طول جغرافیایی در نگاره (۲۳) گویای این مطلب است. بر اساس این نگاره، آنچه حکمفرما است، توزیع نقاط فاقد معنی‌داری می‌باشد.

بنابراین می‌توان گفت که فشار بخار آب با جهات جغرافیایی شیب، رابطه‌ای بسیار پایین و آن هم به ندرت و فقط در برخی نقاط دیده می‌شود. توزیع تصادفی و یا خوشه‌ای بسیار ضعیف در نقشه معنی‌داری (نگاره ۲۴) فشار بخار آب و جهات جغرافیایی شیب کاملاً تأیید می‌شود.



نگاره ۲۳: نمودار پراکنش‌نگار موران محلی میانگین فشار بخار آب و جهت شیب

نگاره ۲۴: نقشه معنی‌داری دو متغیره LISA بین فشار بخار آب و جهت شیب



شدن کاسته شود و مقادیر خودهمبستگی نیز کاهش یابد. بررسی سالانه مقادیر خودهمبستگی فضایی موران نیز نشان داد که مقادیر خودهمبستگی فشار بخار آب طی دوره آماری ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ روندی نزولی داشته‌اند. بدین معنی که با گذشت زمان فشار بخار آب در جنوب و جنوبغرب ایران تمایل بیشتری به پراکنده شدن و عدم خوشه‌ای شدن در فضا پیدا کرده است. دلیل رخداد چنین حالتی کاملاً مکشوف نیست؛ اما شاید بتوان به دلایلی نظیر تأثیرات توپوگرافی، تغییرات موقعیت قرارگیری سامانه‌ها، تغییرات کاربری اراضی و مواردی از این قبیل نسبت داد. بررسی رابطه توزیع فضایی فشار بخار آب با عوامل مکانی نشان داد فشار بخار آب با طول جغرافیایی و جهات جغرافیایی رابطه مثبت معنی‌دار و با عرض جغرافیایی، ارتفاع و شیب رابطه منفی دارد؛ به طوریکه این رابطه با عرض جغرافیایی و شیب قوی‌تر از دیگر عوامل می‌باشد. بررسی نمودار پراکنش‌نگار حاصل از این عوامل با متغیر وابسته فشار بخار آب نشان داد که با دخالت عوامل مکانی در توزیع فضایی فشار بخار آب، علاوه بر حفظ ساختار خوشه‌ای فشار بخار آب در منطقه مورد مطالعه، ماهیت خوشه‌ها دچار تغییر شده است؛ به طوری که در بخش‌هایی از منطقه الگوی خوشه‌ای از وضعیت پایین-بالا و بالا-پایین نیز برخوردار شده است. این واقعیت در نقشه‌های پراکنش خوشه‌ها نیز به خوبی نمود پیدا کرده است. خودهمبستگی دو متغیره موران عمومی نشان داد که رابطه بین متغیر وابسته فشار بخار آب و طول جغرافیایی حاکی از تغییرات افزایشی فشار بخار آب در امتداد طول جغرافیایی (به طرف شرق) بوده است. این وضعیت در نقشه توزیع فضایی موران دو متغیر مذکور بهتر نشان داده شده است. رابطه به گونه‌ای در نظر گرفته شده است که مقادیر بالای فشار بخار آب با ارزش‌های بالای طول جغرافیایی (بالا-بالا) و مقادیر پایین فشار بخار آب با ارزش‌های پایین طول جغرافیایی (پایین-پایین)، همبستگی مثبت معنی‌دار دارند. بنابراین با قاطعیت می‌توان گفت که بین فشار بخار آب و طول جغرافیایی

فشار بخار آب در دو ناحیه مقادیر بالا-بالا و پایین-پایین صورت گرفته است. بدین معنی که یک الگوی خوشه‌ای با همسایگی ارزش‌های بالا و الگویی دیگر با همسایگی ارزش‌های پایین در فضا ایجاد شده است. بررسی ماهانه مقادیر خودهمبستگی فضایی موران نشان داد که فشار بخار آب در ماه‌های گرم سال نسبت به ماه‌های سرد از خودهمبستگی فضایی بالاتری برخوردار می‌باشند و در نتیجه تمایل بیشتری به خوشه‌ای شدن دارند. وجود چنین حالتی در بیشتر مناطق محدوده مورد مطالعه در فصل گرم، بازگوکننده تجانس و همگنی بیشتر بین نقاط نسبت به دیگر فصول سال است. برای توجیه چنین وضعیتی می‌بایست به دنبال عاملی بود که در فصول دیگر رخ نداده است و یا به شکل دیگر فعالیت می‌کند. دلیل رخداد چنین حالتی را عدم تنوع سیستم‌های فشار ورودی به منطقه در این فصل از سال و در نتیجه تأثیرپذیری منطقه از سیستم‌های محدود سینوپتیکی، یکنواختی اقلیمی و پایداری حاکم و تأثیرپذیری منطقه از پدیده‌ها و سامانه‌های محلی باید دانست که منجر به این امر شده است که از پراکندگی مقادیر فشار بخار آب و ناهمگنی آنها کاسته شود و نقاط، بیشتر الگوی خوشه‌ای شدن را انتخاب کنند. از طرف دیگر در فصل زمستان به دلیل ورود سیستم‌های مختلف فشاری با خصوصیات دینامیکی و ترمودینامیکی متفاوت به منطقه و عدم مشابهت در منشأ و مسیر این سیستم‌ها در کل منطقه (به طور مثال تفاوت سیستم‌ها در غرب و یا شرق منطقه)، رفتارهای متفاوتی هم از عناصر اقلیمی به ویژه فشار بخار آب شاهد هستیم. بنابراین تنوع سیستم‌ها منجر به تنوع رفتارها و در نتیجه ناهمگنی بیشتر (شبه‌تکمتر) عناصر اقلیمی در کل منطقه شده است. از طرف دیگر رفتار عوامل جغرافیایی نظیر ارتفاع، طول، عرض جغرافیایی و شیب می‌تواند به دلیل وجود سیستم‌های متنوع، فعالیت آنها را در منطقه دستخوش تغییر قرار دهد. همین عوامل باعث می‌شود که در طول فصل سرد مقادیر فشار بخار آب در کل منطقه نسبت به فصل گرم ناهمگنی بیشتری داشته باشد و در نتیجه از حالت خوشه‌ای

تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی و مدل‌سازی الگوی توزیع مکانی آن‌ها در گستره‌های نمونه‌برداری است که این امکان را برای متخصصان فراهم می‌آورد تا با تلفیق اطلاعات عددی متغیرها با اطلاعات مربوط به موقعیت جغرافیایی داده‌ها از طریق الگوریتم‌های ریاضی و آماری، به درک صحیحی از چگونگی توزیع مکانی داده‌ها دست یابند.

منابع و مأخذ

- ۱- برتاو، حاجی‌نژاد، عسگری و گلی؛ عیسی، علی، علی و علی، ۱۳۹۲، بررسی الگوهای سرقت مسکونی با به کارگیری رویکرد تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی، مطالعه موردی: شهر زاهدان، پژوهش‌های راهبردی امنیت و نظم اجتماعی، سال دوم، شماره پیاپی ۶، شماره دوم، صص ۲۳-۱.
 - ۲- رضیئی، عزیزی؛ طیب و قاسم، ۱۳۸۷، بررسی توزیع مکانی بارندگی فصلی و سالانه در غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۵، صص ۱۰۸-۹۳.
 - ۳- صادقی‌نیا، علیجانی، ضیائیان، خالدی؛ علیرضا، بهلول، پرویز، شهریار، ۱۳۹۲، کاربرد تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی در تحلیل جزیره حرارتی شهر تهران، مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۳۰، صص ۹۰-۶۷.
 - ۴- عساکره، سیفی پور؛ حسین، زهره، ۱۳۹۱، مدل‌سازی مکانی بارش سالانه‌ی ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۹، صص ۳۰-۱۵.
 - ۵- علیجانی، بهلول، ۱۳۷۳، نقش کوه‌های البرز در توزیع ارتفاعی بارش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳۸، صص ۱۲۰-۹۹.
 - ۶- غیور، مسعودیان؛ حسنعلی و سید ابوالفضل، ۱۳۷۵، بررسی مکانی رابطه بارندگی با ارتفاع در ایران زمین، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۱، صص ۱۰۶-۸۸.
 - ۷- مرادی، حمیدرضا، ۱۳۸۳، نقش دریای خزر در شرایط بارشی سواحل شمال کشور، مجله علوم دریایی ایران، دوره ۲، شماره ۲ و ۳، صص ۸۷-۷۷.
- 8- Alijani, B., (2008). Effect of Zagros mountain on the

همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد. تحلیل خودهمبستگی موران دومتغیره فشار بخار آب و عرض جغرافیایی، حاکی از عدم خودهمبستگی بین پارامترهای مذکور بوده و این موضوع را تأیید می‌کند که مقادیر فشار بخار آب تنها با تأثیرپذیرفتن از عرض جغرافیایی، به صورت پراکنده توزیع خواهند شد. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته مشخص شد که فشار بخار آب و ارتفاع، رابطه‌ای معنی‌دار منفی دارند. به گونه‌ای که یاخته‌های پایین فشار بخار آب توسط ارزش‌های بالای ارتفاع و یاخته‌های بالای فشار بخار آب توسط ارزش‌های پایین ارتفاع احاطه شده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که خوشه‌های بسیار کمی در منطقه تشکیل شده‌اند و اکثر نقاط به صورت ناخوشه توزیع شده‌اند. رابطه دومتغیره بین فشار بخار آب با شیب و جهات جغرافیایی حاکی از توزیع پراکنده و عدم وجود خوشه‌های فشار بخار آب در منطقه می‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان گفت که به دلیل رابطه بسیار ضعیف فشار بخار آب و دو عامل شیب و جهات جغرافیایی، توزیع مکانی مقادیر فشار بخار آب به صورت پراکنده در نظر گرفته شده است.

به عنوان یکی از مهمترین نتایج این تحقیق می‌توان به تفاوت فاحش آمار کلاسیک و آمار فضایی (مکانی) اشاره کرد. آنچه که مسلم است این است که آمار کلاسیک تنها قادر به مدل‌سازی تغییرات ساختاری بوده و در پردازش تغییرات تصادفی ناتوان هستند. از طرفی دیگر، روش‌های آمار کلاسیک بر پایه‌ی مجموعه‌ای از فرضیات استوار است که در بسیاری از شرایط در رابطه با خصوصیات پارامتر مورد بررسی معتبر نیست. اما با توجه به اینکه اغلب قریب به اتفاق داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده مدیران و متخصصان علوم محیطی به طریقی مرتبط با موقعیت مکانی آن‌ها و الگوی توزیع این داده‌ها در گستره‌های مکانی است، لذا در همین راستا و نظر به عدم کارایی روش‌های آمار کلاسیک برای پردازش داده‌های مکانی، از آمار مکانی می‌بایست استفاده شود. همانطور که مشخص گردید آمار مکانی شامل روش‌ها، الگوریتم‌ها و ابزارهای مختلفی برای

- of Hydrology, 199(1), 183-206.
- 21- Serrano. A, Mateos. V.L and Garcia. J.A., (1999), Trends analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921-1995, *phys. Chem. Earth (B)*, 24: 84-90.
- 22- Streutker. DR., (2002). A remote sensing study of the urban heat island of Houston, Texas. *Int J Remote Sens* 23:2595-2608.
- 23- Tran. H, Daisuke. U, Shiro. O, Yoshifumi. Y., (2006). Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian megacities. *International Journal of Applied Earth Observation*, 8:34-48.
- 24- Trenberth, KE, Stepaniak., DP., (2003b). Seamless poleward atmospheric energy transports and implications for the Hadley circulation. *J Climate* 16:3705-3721.
- 25- Wentz, F., L. Ricciardulli, K. Hilburn, and C. Mears., (2007). How much more rain will global warming bring? *Science Express*, 317, 233-235.
- 26- Yamada, I., & Thill, J. C., (2007). Local indicators of network constrained clusters in spatial point patterns. *Geographical Analysis*, 39(3), 268-292.
- 27- Zhang. J, Wang. Y, Wang. Z., (2007). Change analysis of land surface temperature based on robust statistics in the estuarine area of Pearl River (China) from 1990 to 2000 by Landsat TM/ETM+ Data. *International Journal of Remote Sensing*, 28:2383-2390.
- spatial distribution of precipitation, *Journal of Mountain sciences*, 5.
- 9- Allen, R. P., and B. J. Sodden., (2008). Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes. *Science*, 321, 1481-1484.
- 10- Anselin, L., (1992). *Spatial data analysis with GIS: an introduction to application in the social sciences*, National Center for Geographic Information and Analysis University of California, Santa Barbara, CA 93106, Technical Report, 10-92.
- 11- Anselin, L., Sridharan, S., & Gholston, S., (2007). Using exploratory spatial data analysis to leverage social indicator databases; the discovery of interesting patterns. *Social Indicators Research*, 82(2), 287-309.
- 12- Burns, J. I., (1953). Small scale topographic effects on precipitation distribution in San Dimas Experimental Forest. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 34(5), 761-768.
- 13- Clark, w.a.v and Hosking, p.l., (1986). *Statistical Methods for geographers*, John Wiley and sons, New York, 379.
- 14- Cliff, A. D., & Ord, J. K., (1981). *Spatial processes: models & applications*, No 44, London.
- 15- Glazirin G. E (1997). Precipitation distribution with altitude, *Theoretical and applied Climatology*, 58.
- 16- Guan, H., Wilson, J. L., & Makhnin, O., (2005). Geostatistical mapping of mountain precipitation incorporating autosearched effects of terrain and climatic characteristics. *Journal of Hydrometeorology*, 6(6), 1018-1031.
- 17- Goodchild, M.F., (1986). *Spatial Autocorrelation*, CATMOG 47; Norwich, UK, PP. 6-25.
- 18- Hutchinson, M. F., (1998). Interpolation of rainfall data with thin plate smoothing splines. Part II: Analysis of topographic dependence. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2(2), 152-167.
- 19- Ranhao, S., Baiping, Z., & Jing, T., (2008). A multivariate regression model for predicting precipitation in the Daqing Mountains. *Mountain Research and Development*, 28(3), 318-325.
- 20- Singh, P., & Kumar, N., (1997). Effect of orography on precipitation in the western Himalayan region. *Journal*