

## الگوسازی روابط مکانی فراوانی رخداد ماهانه بارش‌های شدید (فصول سرد) ناحیه خزری

حسین عساکره - استاد اقلیم‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران  
لیلا حسینجانی<sup>۱</sup> - دانشجوی دکترای تغییرات اقلیم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۴/۶ تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۷/۱۴

### چکیده

از مهم‌ترین اهداف آمار فضایی، بررسی روابط مکانی داده‌های محیطی (بارش شدید) برای تحلیل الگوها و وابستگی‌های فضایی است. در این راستا تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی روش‌هایی را برای تمایز بین الگوهای تصادفی و غیر تصادفی فراهم می‌آورد. در این پژوهش با کاربرد آماره فضایی به تبیین الگوهای مکانی بارش‌های شدید که با پیامدهای محیطی - انسانی همراه است، پرداخته شد. در این راستا مجموع فراوانی ماهانه بارش‌های شدید فصول سرد ناحیه خزری در دو گروه آستانه صدک ۹۵-۹۰ و ۹۹-۹۵، از ۳۸۵ ایستگاه اقلیمی طی ۲۰۱۶-۱۹۶۶ با کاربرد آماره موران و آماره  $G_i^*$  به منظور تحلیل خودهمبستگی فضایی استفاده شد. یافته‌های آماره موران کلی نشان داد که رفتار حاکم بر بارش شدید دارای ساختار فضایی و به شکل خوشه‌ای است. بررسی‌های ماهانه فصول نشان داد که به لحاظ فراوانی وقوع بارش‌های حاصل از این دو گروه بارشی، فراوانی رخداد بارش‌های صدک آستانه ۹۵-۹۰ بیشتر از آستانه صدک ۹۹-۹۵ می‌باشد. براساس نقشه‌های موران محلی نواحی با خودهمبستگی‌های مثبت در هر دو گروه بارشی بیشتر در نواحی غربی، مرکزی و الگوهای حاصل از خودهمبستگی منفی در بخش شرقی قرار دارد. در بررسی روابط مکانی، آماره دو متغیره موران بین بارش شدید و عوامل جغرافیایی نشان داد که تأثیر عوامل جغرافیایی در فراوانی رخداد فرین‌ها ضعیف‌تر از عملکرد و نفوذ سامانه‌های همدید است. در نهایت، در این ناحیه که این بارش‌ها یکی از مخاطرات طبیعی است، شناسایی این الگوها می‌تواند در مدیریت و برنامه‌ریزی و کاهش آسیب‌پذیری و افزایش سازگاری مؤثر باشد.

**کلیدواژه‌ها:** خودهمبستگی فضایی، آماره موران و  $G_i^*$ ، تحلیل داده‌های محیطی، عوامل جغرافیایی، ناحیه خزری.

## ۱- مقدمه

بارش به‌عنوان یکی از عناصر آب‌وهوایی به لحاظ شدت، مدت و فراوانی حاوی تغییرات مکانی و زمانی زیادی است. در این زمینه فرین‌های<sup>۱</sup> بارش، جلوه‌ای خشن از این عنصر آب‌وهوایی است. هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC,2007)<sup>۲</sup>، رویدادهای نادر بارشی در یک مکان خاص را که می‌تواند پیامدهای محیطی - انسانی قابل توجهی داشته باشد فرین اقلیمی بشمار می‌آورد که با ایجاد ناهنجاری‌هایی نظیر سیل و خشکسالی می‌تواند ابعاد مختلف محیط برای مثال، مخاطرات طبیعی (زمین‌لغزش، سیلاب، حرکات دامنه‌ای و فرسایش خاک و انسانی (آسیب‌های کالبدی بر زیرساخت‌ها، تأثیر بر فعالیت‌های انسانی) را تحت تأثیر قرار دهد. هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم در گزارش‌های خود (۲۰۰۷) احتمال تغییر در متوسط بارش‌های شدید به‌ویژه در عرض‌های متوسط و بالا را پیش‌بینی نموده است و بر این باور است که تا اواخر قرن ۲۱ شدت و فراوانی رخداد بارش‌های شدید در عرض‌های میانه و مناطق مرطوب افزایش خواهد یافت. شناخت الگوی حاکم بر فراوانی وقوع و پراکنش زمانی - مکانی بارش‌های فرین بالا، پیش‌بینی و مقابله با خطرات احتمالی آن را ساده‌تر ساخته، زیان‌ها را کاهش و آسیب‌پذیری و شناخت ظرفیت‌های موجود برای کاهش اثرات، محافظت یا جایگزینی برای سازگاری بیشتر را آسان‌تر می‌سازد. بدین دلیل بخش قابل توجهی از توسعه پایدار در یک کشور منوط به شناخت رفتار فرین‌ها (بسامد، شدت و مدت)، درک الگوهای زمانی و مکانی و پیامدهای آن بر محیط و درنهایت مدیریت و برنامه‌ریزی بر مبنای واکاوی مکانی (فضایی)<sup>۳</sup> و بررسی روابط مکانی می‌باشد. در یک تعریف ساده واکاوی مکانی «به کاربرد روش‌های کمی در مطالعه دقیق و عمیق الگوهای نقطه‌ای، خطی و پهنه‌ای بر روی نقشه گفته می‌شود» (علیجانی، ۱۳۹۴). در مطالعات جهانی و ایران رفتار بارش شدید و عوامل ایجاد و تغییرات آن‌ها عمدتاً با تأکید بر رویکرد هم‌دیدگی و بررسی روابط مکانی مؤثر بر این رویکردها مورد توجه بوده است. در بررسی روابط مکانی و تغییرات فضایی مؤثر بر داده‌های محیطی، به‌عنوان رویکردی نو در ارتباط با متغیرهای محیطی مطالعات (Vang et al,2005)، (Mc Cabe, 2005)، (Sugumaran,2009)، (Fu et al,2014)، (Chung,2007) تغییرات فضایی روند بارش‌های تابستانه (شدت و مقدار) کره جنوبی با کاربرد شاخص موران (jai et al,2011) با روش‌های آمار فضایی به ریزمقیاس نمایی الگوریتم بارش شبکه‌ای در حوضه کادمیوم چین برای واکاوی الگوی نمایه NDVI (Allard and Soubeyrand,2012) با کاربرد آمار فضایی، مناطق حساس به تغییرات آب و هوایی در منطقه کولمر واقع در شمال شرق فرانسه، (Robeson et al,2014) با استفاده از تابع K ریلی به واکاوی بهترین الگوی این تابع برای ایستگاه‌های مهم هواشناسی جهان، (Hartman,2008) و (Agena,2014) به مطالعه و بررسی بر اساس آمار فضایی پرداخته‌اند. (روستا و همکاران، ۲۰۱۷) با

1 Extreme

2 Intergovernmental Panel on Climate Change

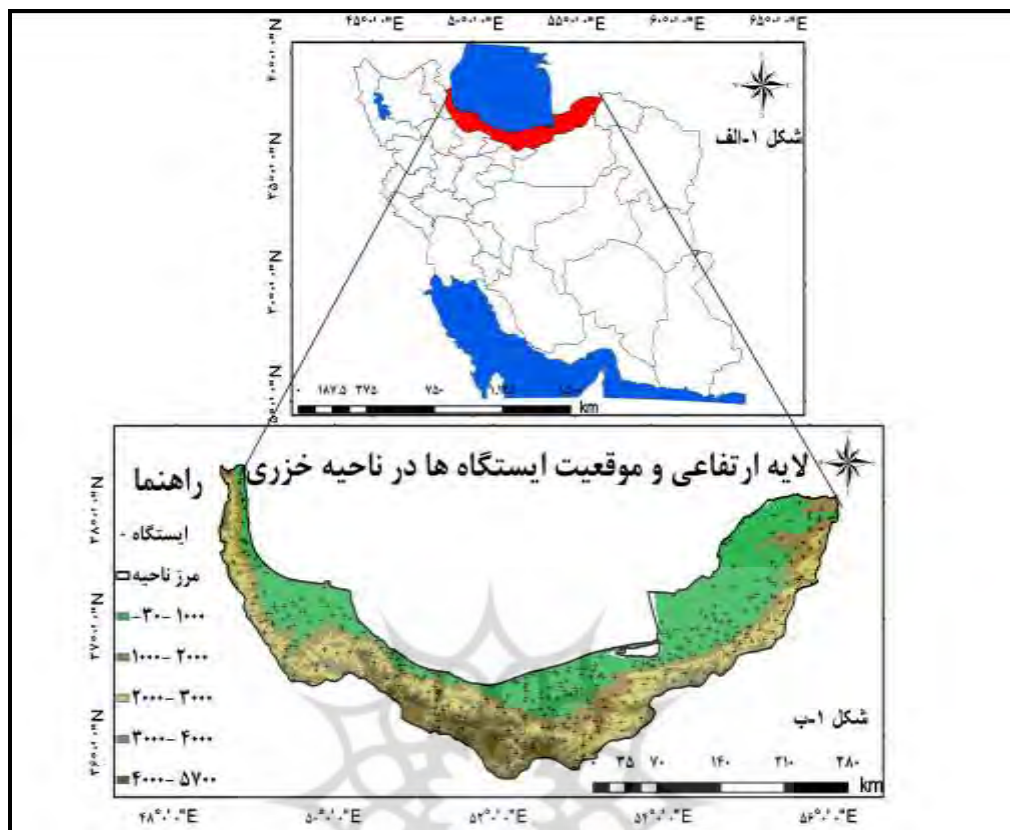
3 Spatial analysis

روش‌های تحلیل فضایی تغییرات بارش‌های سنگین و فوق سنگین ایران، و در تحقیقی دیگر (همان، ۲۰۱۷) تغییرات زمانی و مکانی بارش شدید شمال غرب را با روش‌های تحلیل فضایی بررسی کردند. بارش‌های شدید بالا در ایران و به‌ویژه در ناحیه خزری بیشتر با تأکید بر سازوکارهای همدیدی-دینامیکی با ساز و کارهای پرشمار و با تأکید بر گسترش و اچرخندها، به‌عنوان الگوهای غالب جوی توأم با بارش‌های شدید همانند و اچرخند سبیری (نظری‌پور، ۱۳۸۶) و برخی عمدتاً و اچرخندهای مهاجر (خوشحال دستجردی، ۱۳۷۶)، (مرادی، ۱۳۸۳)، (مفیدی و همکاران، ۱۳۸۶)، مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در پژوهش‌هایی که روابط مکانی مورد توجه بوده است، می‌توان به واکاوی مکانی پراکنش رطوبت در ایران با استفاده از شاخص موران عمومی و محلی و نیز نقاط داغ (فلاح قالهری و همکاران، ۱۳۹۴)، تغییرات الگوهای خوشه‌ای فضایی بارش‌های سنگین استان گیلان (ستوده و علیجانی، ۱۳۹۴)، بررسی الگوهای توزیع فضایی دما، بارش و رطوبت نواحی مرکزی ایران با استفاده از تحلیل اکتشافی و خودهمبستگی فضایی (نظری‌پور و همکاران، ۱۳۹۴)، در بررسی تغییرات زمانی- مکانی بارش دوره سرد سال در ایران برای دوره ۱۹۵۰-۲۰۰۹ با استفاده از تحلیل اکتشافی زمین آمار برای داده‌های بارش با کاربرد مقادیر موران عمومی و آزمون تاو کندال (صدقت و همکاران، ۱۳۹۴)، (میرموسوی و همکاران، ۱۳۹۵) به تحلیل تغییرات درون دهه‌ای بارش‌های سنگین و فوق سنگین ایران با رویکرد خودهمبستگی فضایی این تغییرات با روش‌های زمین‌آمار و درنهایت (مظفری و همکاران، ۱۳۹۶) روابط فضایی بارش‌های شدید غرب ایران را با استفاده از شگردهای واکاوی مکانی بررسی کردند. با توجه به اهمیت بارش‌های شدید بالای توأم با مخاطره در ناحیه خزری، موقعیت جغرافیایی ناحیه خزری و قرارگیری دریای خزر در بخش شمالی آن و رشته‌کوه‌های البرز در بخش جنوبی و کنار هم قرار گرفتن واحدهای جغرافیای مختلف (دریا، جلگه و کوهستان) و نیز برهمکنش آنها با یکدیگر شرایط و بستر مناسبی را برای شکل‌گیری بارش‌های شدید فراهم کرده است. به‌طوری‌که پژوهشگران معتقدند که بارش شدید جزئی از ویژگی‌های ذاتی منطقه خزری می‌باشد (مفیدی، ۱۳۸۷). بدین دلیل شناخت ویژگی‌های جغرافیایی این نوع بارش‌ها در ناحیه خزری در فصل‌های مختلف و واکاوی الگوی مکانی حاکم بر فراوانی بارش‌های شدید اهمیت دارد. در مطالعه حاضر الگوهای جغرافیایی حاکم بر این بارش‌ها در فصل‌های پائیز و زمستان، با استفاده از روش‌های آمار فضایی برآورد می‌شود.

## ۲- مواد و روش

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

در شکل (۱- الف و ب) موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر نشان داده شده است. سواحل جنوبی خزر شامل سه استان گیلان، گلستان و مازندران با مساحتی بالغ بر ۵۸۱۶۷ کیلومتر مربع با مختصات ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ناحیه مورد مطالعه و ایستگاه‌های مورد استفاده (۲۰۱۶-۱۹۶۶) در پژوهش حاضر

## ۲-۲- استخراج داده

به منظور بررسی و مقایسه فراوانی رخداد بارش‌های شدید دو گروه آستانه صدک ۹۵-۹۹ و ۹۰-۹۵ از آمار بارش‌های روزانه ایستگاه‌های همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی کشور و باران‌سنجی وزارت نیرو در ناحیه خزری برای بازه ۲۰۱۶-۱۹۶۶ (۵۱ سال) استفاده گردید (شکل ۱-ب). در گام نخست به دلیل یکسان نبودن طول دوره آماری ایستگاه‌ها و عدم پراکندگی یکنواخت آن‌ها، و به منظور تبدیل داده‌های نقطه‌ای به مقادیر پهنه‌ای، از روش میانبایی کریجینگ استفاده گردید (عساکره، ۱۳۸۷). برای انجام فرایند میانبایی از ۳۸۵ ایستگاه که طول دوره آماری طولانی داشته و همگنی آن‌ها به وسیله آزمون (Alexandersson, 1986) ارزیابی و تأیید شد، استفاده گردید. بدین ترتیب طول زمان و توزیع مکانی مشاهدات یکنواخت شد و ایستگاه‌ها از پراکنش مکانی مناسب برخوردار شدند (شکل ۱-ب). حاصل فرایند میانبایی داده‌های بارش روزانه، پوشش ماتریسی با ابعاد  $۱۸۶۲۸ \times ۶۴۷۹$  (سطرها یاخته و ستون‌ها روزهای بارش) با یاخته‌هایی با تفکیک مکانی  $۳ \times ۳$  کیلومتر را شکل داد. برای بررسی بارش‌های شدید در آب‌وهواشناسی تعاریف و نمایه‌های متعدد مطلق و نسبی (به صورت نمایه مساحت منحنی هم بارش

خاص، نمایه آستانه درصدی، نمایه پایه صدک و...) ارائه شده است. از نمایه پایه صدک برای تعیین تعداد روزهای دارای بارش شدید، خیلی شدید و فرین، براساس آستانه صدک خاص در این پژوهش استفاده گردید. براین اساس در پژوهش حاضر دو گروه آستانه بارشی صدک ۹۵-۹۹ و ۹۰-۹۵ به عنوان نمایه بارش های شدید اختیار شد. بدین ترتیب این دو گروه آستانه صدک برای هر یاخته و در هر روز سال در پهنه مورد بررسی با برنامه نویسی در محیط نرم افزار Matlab محاسبه شد. در گام بعدی به منظور به دست آوردن توصیف مکانی از شمار فراوانی بارش شدید ناحیه خزری، مجموع فراوانی وقوع ماهانه بارش های شدید هر ماه برای هر یاخته در دو گروه محاسبه گردید و نقشه های مجموع ماهانه فراوانی وقوع بارش شدید برای هر ماه در هر گروه ترسیم شد. نقشه های خودهمبستگی براساس نمایه موران کلی، موران محلی انسلین و مساحت تحت تأثیر بر اساس نمایه  $G_i^*$  مورد واکاوی قرار گرفت. شناسایی این روابط می تواند تأثیر عوامل مکانی بر رفتار پدیده ها و سامانه های جوی را مورد توجه قرار دهد. آماره موران کلی ابزاری برای واکاوی پراکنش و خود همبستگی فضایی براساس مکان و مقدار خصیصه مورد نظر در مکان است. نتایج حاصل از این واکاوی نشان می دهد رویدادها به صورت الگوی خوشه ای<sup>۱</sup>، تصادفی<sup>۲</sup> یا پراکنده<sup>۳</sup> در مکان توزیع شده اند (رابطه ۱) و با استفاده از نمره استاندارد Z و P-value امکان ارزیابی و معنی دار بودن نمایه را مهیا می سازد (عسگری، ۱۳۹۰):

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} z_i z_j}{s_o \sum_{i=1}^n z_i^2} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن  $Z_i$  تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه  $i$  با میانگین آن  $(\bar{x} - x_i)$  می باشد  $w_{ij}$  وزن فضایی بین عارضه  $i$  و  $j$  است،  $n$  تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه مورد استفاده و  $s_o$  جمع کل وزن های فضایی - (رابطه ۲) می باشد.

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

برای برآورد معنی داری این آماره نمره Z استاندارد شده از روابط (۳) محاسبه می گردد (همان، ۱۳۹۰).

$$Z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad E[I] = -1/n_1 \quad V[I] = E[I^2] - E[I]^2 \quad \text{روابط (۳)}$$

در روابط (۳)  $V[I]$  پراش داده ها می باشد. نمایه مورن کلی الگوی عمومی رویدادها را بررسی می کند و هیچ مشخصه ای از موقعیت مکانی آنها ارائه نمی دهد. بنابراین، برای شناخت الگوی توزیع مکانی و تغییرات موقعیت و

1 Clustered  
2 Random  
3 Dispersed

رویداد از نمایه موران محلی روابط (۴) استفاده می‌شود. این آماره محل رخداد مقادیر زیاد و یا کم رویدادهای موزون در فضا نسبت به توزیع خوشه‌ای و نیز نسبت به مقادیر متفاوت از پیرامون را نشان می‌دهد (Anselin, 1995).

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} (x_j - \bar{x}) \quad s_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} x_j^2}{n-1} - \bar{x}^2 \quad \text{روابط (۴)}$$

در روابط ۴  $x_i$  خصیصه عارضه  $i$  و  $\bar{x}$  میانگین خصیصه مربوطه و  $w_{i,j}$  وزن فضایی بین عارضه  $i$  و  $j$  می‌باشد و  $n$  تعداد کل عارضه‌ها است. برای شناسایی این الگوهای فضایی از آماره موران محلی و برای شناسایی بزرگی مقادیر الگوهای فضایی آماره جی-استار ( $G_i^*$ ) که توسط (Ord & Getis, 1995) ارائه شده، استفاده گردید و در نهایت به وسیله این نمایه درصد مساحت‌های تحت تأثیر خودهمبستگی‌ها برآورد گردید. امتیاز  $Z$  محاسبه شده نشان‌دهنده محل رخداد مقادیر زیاد و یا کم خوشه‌بندی داده‌هاست. امتیاز  $Z$  برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که مجموع محلی عارضه و همسایه آن به‌طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه شود، آماره  $G_i^*$  از روابط (۵) محاسبه می‌گردد:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{s \sqrt{\frac{n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2}{n-1}}} \quad \bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2} \quad \text{روابط (۵)}$$

در این رابطه  $x_j$  مقدار خصیصه برای عارضه  $j$ ،  $w_{i,j}$  وزن مکانی بین عارضه  $i$  و  $j$  است.  $n$  برابر با تعداد کل عارضه‌هاست. در ادامه روابط بین عوامل مکانی (طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، شیب و جهت جغرافیایی شیب) با مجموع ماهانه فراوانی بارش فرین برای هر ماه، با استفاده از ابزار تحلیل فضایی ARCGIS با DEM با تفکیک مکانی ۵۰ متر ناحیه خزری و استخراج ارتفاع، شیب و جهات جغرافیایی نقاط پیمونگاری از مدل ارتفاعی رقومی و در نهایت با کاربرد آماره چند متغیره موران عمومی (روابط ۶) که این آماره وابستگی فضایی دو متغیر  $x_k$  و  $x_l$ ، که در این پژوهش فراوانی ماهانه بارش شدید و عوامل مکانی می‌باشد، محاسبه گردید:

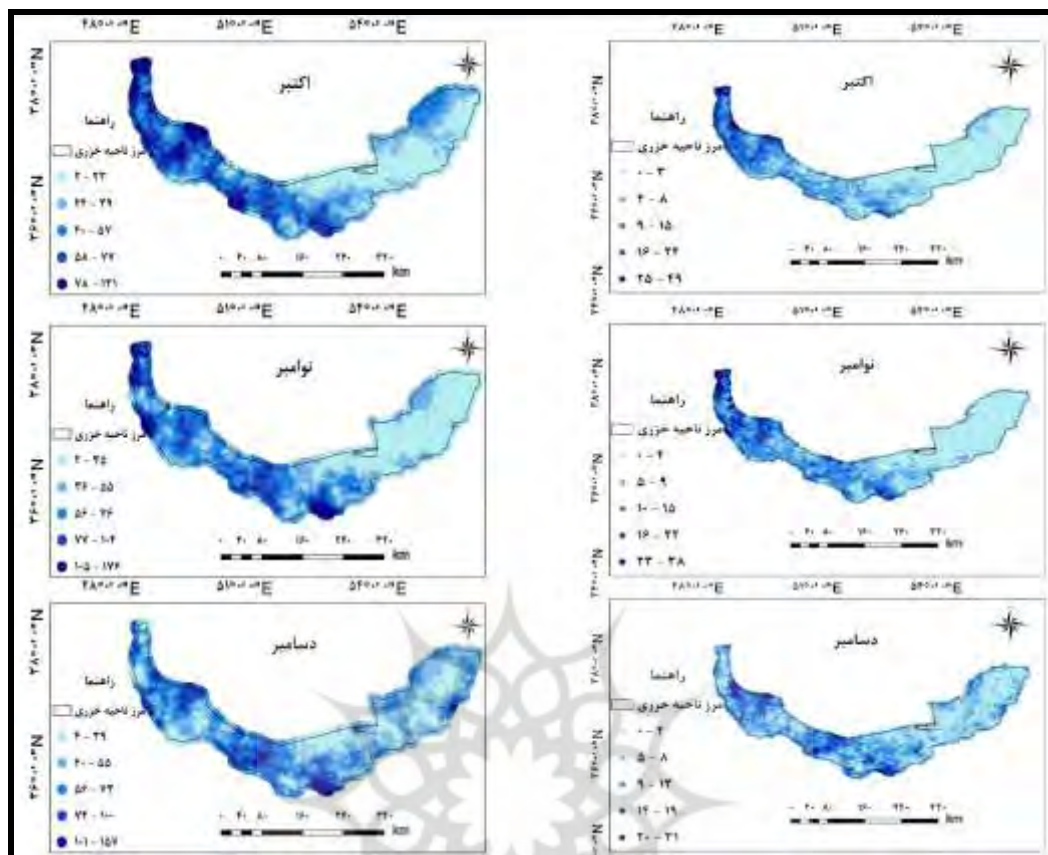
$$I_{kl} = \frac{z_k w_{kl}}{n} \quad z_k = \frac{[x_k - \bar{x}_k]}{\sigma_k}, \quad z_l = \frac{[x_l - \bar{x}_{kl}]}{\sigma_l} \quad \text{روابط (۶)}$$

در این رابطه  $n$  شمار مشاهدات، و  $x_k$  و  $x_l$  متغیرهای مورد بررسی و  $w$  ماتریس وزن فضایی می‌باشد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- فراوانی بارش‌های فرین

شکل‌های ۲ و ۳ واریسی دقیق و مقایسه فراوانی رخداد بارش شدید ماهانه فصول سرد ناحیه خزری را برای هریک از آستانه‌ها به‌صورت متناظر نشان می‌دهد.

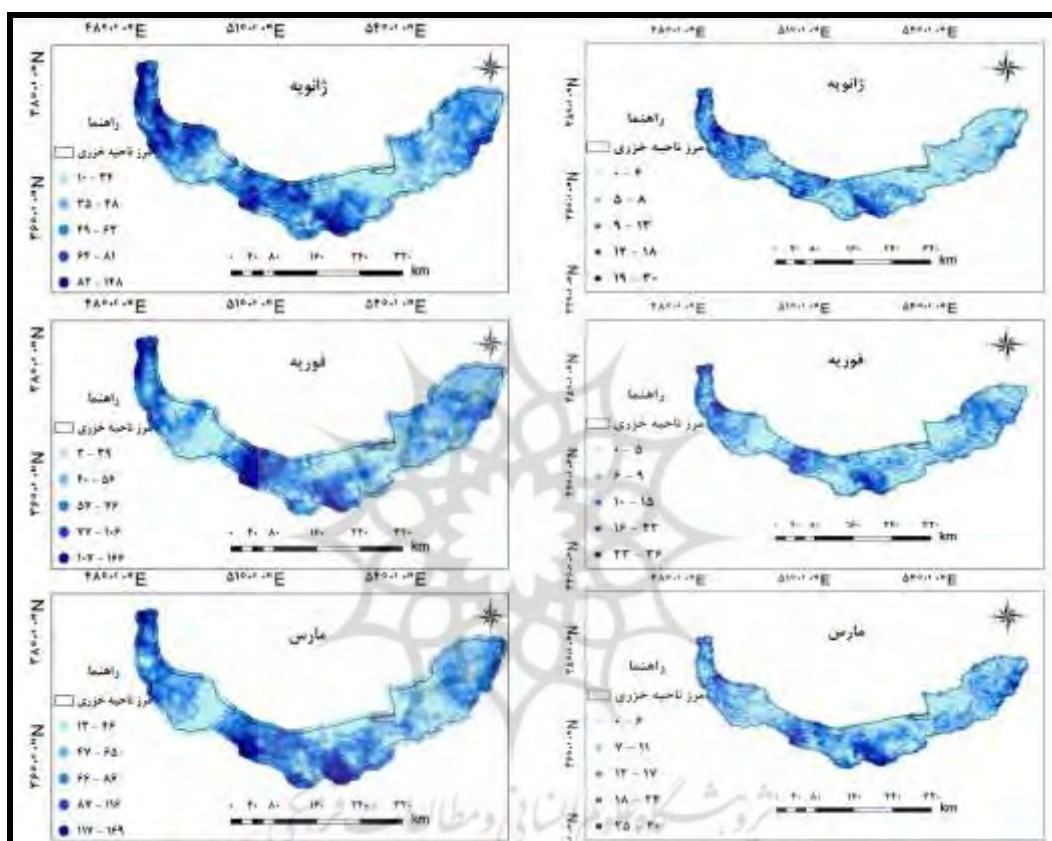


شکل ۲- فراوانی رخداد بارش شدید ماهانه فصل پاییز ناحیه خزری (سمت راست آستانه صدک ۹۰-۹۵، سمت چپ آستانه صدک ۹۵-۹۹)

در فصل پاییز (شکل ۲) بیشینه رخداد بارش شدید در ماه اکتبر و نوامبر در بخش های غربی ناحیه خزری قرار دارد. گستره نفوذ بارش های شدید در آستانه صدک ۹۰-۹۵ علاوه بر بخش غربی ناحیه در بخش هایی از مرکز و شمال بخش شرقی ناحیه مشاهده می شود در صورتی که در گروه دوم صدک ۹۵-۹۹ این بارش ها بیشتر بر بخش های غربی ناحیه و تا حدودی در بخش های مرکزی مشاهده می گردد به طوری که در این دو ماه در بخش شرقی بیشینه رخداد این بارش ها مشاهده نمی شود. همچنین در ماه دسامبر گستره هسته بیشینه با تعداد فراوانی کمتر در کل بخش های ناحیه مشاهده می شود. بیشینه هسته های بارشی در گروه اول بیشتر در بخش های مرکزی ناحیه با رخداد فراوانی ۱۵۷-۱۲۷ بار و برای گروه دوم در مساحت های متفاوت در بخش های غربی و مرکزی با فراوانی رخداد ۳۱-۲۶ بار می باشد و کمترین رخداد این بارش ها برای هر دو گروه بیشتر در بخش های شرقی ناحیه خزری متمرکز است. به طور کلی رخداد فراوانی بارش شدید در ناحیه خزری آستانه صدک ۹۰-۹۵ بیشتر از آستانه صدک ۹۵-۹۹ می باشد. در تمامی ماه های فصل زمستان (شکل ۳)، هسته بیشینه بارش های شدید در ناحیه خزری برای هر دو گروه



پراکنده است و هسته بیشینه بارش بیشتر در بخش‌های غربی و مرکزی و با تعداد رخداد فراوانی کمتر در بخش شرقی قرار دارد. در این فصل نیز رخداد فراوانی بارش‌های شدید گروه اول بیشتر از گروه دوم و گستره مساحت تحت تأثیر گروه اول بیشتر از گروه دوم بارش‌ها می‌باشد به طوری که در ماه ژانویه برای گروه دوم دامنه بارش‌ها در بخش شرقی (جنوب شرق استان گلستان) بسیار کم می‌باشد.



شکل ۳- فراوانی رخداد بارش شدید ماهانه فصل زمستان ناحیه خزری (سمت راست آستانه صدک ۹۵-۹۰، سمت چپ آستانه صدک ۹۹-۹۵)

می‌توان گفت در بارش‌های دو فصل (زمستان و پاییز) در ناحیه خزری نفوذ الگوهای هم‌دید چرخند و واچرخند ورود پرفشار سیبری (یوسفی، ۱۳۸۳) و نیز استقرار مراکز پرفشار مهاجر (مفیدی و همکاران، ۱۳۸۶)، همچنین موقعیت ساحل جنوب دریای خزر و جهت خط ساحل نسبت به سامانه‌های ورودی و مسافت گذر سامانه‌ها از روی دریای خزر (با توجه به گسترش نصف‌النهاری این دریا با طولی برابر با ۷۰۰ تا ۱۰۰ کیلومتر و نوسان اختلاف دمایی آب دریا با سامانه‌های واچرخند ورودی (خوش‌حلاق و همکاران، ۱۳۹۵)، نقش کوهستان‌ها در صعود هوا به‌ویژه در بخش غربی این ناحیه و عامل همرفت محلی باعث رخداد بارش‌های شدید می‌گردد. همچنین توده آبی دریای خزر و



سپس دریای سیاه، اصلی‌ترین منابع تأمین رطوبت برای بارش‌های کرانه‌های خزر ذکر گردیده است که عدم وجود دریای خزر می‌تواند در کاهش رخداد بارش شدید مؤثر باشد (حلییان، ۱۳۹۵ و کارخانه و همکاران، ۱۳۹۵). در مجموع می‌توان گفت رخداد بارش شدید برای هردو گروه بارشی در بخش‌های غربی و مرکزی ناحیه خزری (استان‌های گیلان و مازندران) بسیار بیشتر از بخش‌های شرقی ناحیه (استان گلستان) است و بخش شرقی در رابطه با این بارش‌ها خشکی بیشتری را تجربه می‌کند.

### ۳-۲- ارزیابی عمومی روابط مکانی

نتایج آماره موران کلی به صورت گرافیکی و عددی بیان می‌گردد و ضریب خودهمبستگی بین +۱ و -۱ را دارد. مقادیر نزدیک -۱ بر خودهمبستگی منفی و الگوی پراکنده داده‌ها و مقادیر نزدیک به +۱ بر خودهمبستگی مثبت و الگوی خوشه‌ای داده‌ها و مقدار نزدیک به صفر بر الگوی تصادفی و غیر معنی‌دار دلالت دارد. بیش از اهمیت آماره موران آزمون معنی‌داری آن تحت فرض صفر (هیچ نوع خوشه‌بندی مکانی بین مقادیر خصیصه مرتبط با موقعیت جغرافیایی و فراوانی فرین‌ها وجود ندارد) حائز اهمیت است. زمانی که مقدار P-value بسیار کوچک و قدر مطلق مقدار Z محاسبه شده بسیار بزرگ باشد (برای نمونه سطح اطمینان ۹۵ درصد، آماره Z در بازه  $\pm 1/96$  است، بنابراین اگر قدر مطلق نمره Z مشاهده شده بزرگ‌تر از نمره Z بحرانی باشد) آنگاه فرض صفر رد می‌شود و معنی‌داری روابط قابل استنباط است (عسگری، ۱۳۹۰). جدول (۱) نشان می‌دهد که این آماره در آستانه صدک ۹۵-۹۰ برای تمامی ماه‌ها به جزء ژانویه حدود ۰/۹ است، در حالی که در جدول (۲) این عدد حدوداً ۰/۸-۰/۷ به جزء ماه آگوست برای آستانه صدک ۹۵-۹۹ می‌باشد که حاکی از نزدیکی این عدد به +۱ (خودهمبستگی کامل و مثبت) در هر دو گروه می‌باشد، ولی در گروه دوم با توجه به اعداد نمایه موران این خودهمبستگی ضعیف‌تر است.

جدول ۱- آماره موران کلی برای فراوانی بارش‌های شدید (فصول سرد) آستانه صدک ۹۵-۹۰ ناحیه خزری در

بازه ۲۰۱۶-۱۹۶۶

ماه	نمایه موران	نمایه موران مورد انتظار	پراش	آماره Z	آماره P
ژانویه	۰/۸۹۷	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۰/۵۰	۰/۰۰۰
فوریه	۰/۹۲۵	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۳/۶۶	۰/۰۰۰
مارس	۰/۹۲۱	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۳/۲۱	۰/۰۰۰
اکتبر	۰/۹۴۰	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۵/۳۵	۰/۰۰۰
نوامبر	۰/۹۴۵	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۵/۸۶	۰/۰۰۰
دسامبر	۰/۹۱۱	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۱۰۲/۰۵	۰/۰۰۰

همچنین برای آماره Z محاسبه شده برای فصول سرد در گروه اول اعدادی بین ۱۰۰ تا ۱۰۹ و برای گروه دوم اعدادی بین ۱۰۰-۸۴ حاصل شده است. با توجه به مقدار بالای Z و نیز کم بودن مقادیر آماره P، فرض صفر (فقدان همبستگی مکانی) در هر دو گروه آستانه رد می‌شود. بدین ترتیب نمایه یاد شده در سطح اطمینان ۹۹ درصد به لحاظ آماری برای هر دو گروه آستانه‌های بارشی معنی‌دار است. براین اساس فراوانی وقوع این دو گروه بارشی از الگوی خوشه‌ای پیروی می‌کند. این نتیجه بر پیوستگی مکانی مجموع فراوانی وقوع بارش شدید دلالت دارد. با فرض پراکنش طبیعی (تصادفی) مجموع فراوانی وقوع بارش شدید نمایه موران کلی مورد انتظار برای فصول سرد سال مقداری برابر ۰/۰۰۰۱۵۴- می‌باشد.

جدول ۲- آماره موران کلی برای فراوانی بارش‌های شدید (فصول سرد) آستانه صدک ۹۹-۹۵ ناحیه خزری در بازه ۲۰۱۶-۱۹۶۶

ماه	نمایه موران	نمایه موران مورد انتظار	پراش	آماره Z	آماره P
ژانویه	۰/۷۷۴	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۸۶/۷۸	۰/۰۰۰
فوریه	۰/۷۹۲	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۸۸/۷۹	۰/۰۰۰
مارس	۰/۷۹۳	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۸۸/۸۲	۰/۰۰۰
اکتبر	۰/۸۴۶	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۹۴/۸۶	۰/۰۰۰
نوامبر	۰/۸۵۹	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۹۶/۲۰	۰/۰۰۰
دسامبر	۰/۷۵۸	-۰/۰۰۰۱۵۴	۰/۰۰۰۰۸۰	۸۴/۸۹	۰/۰۰۰

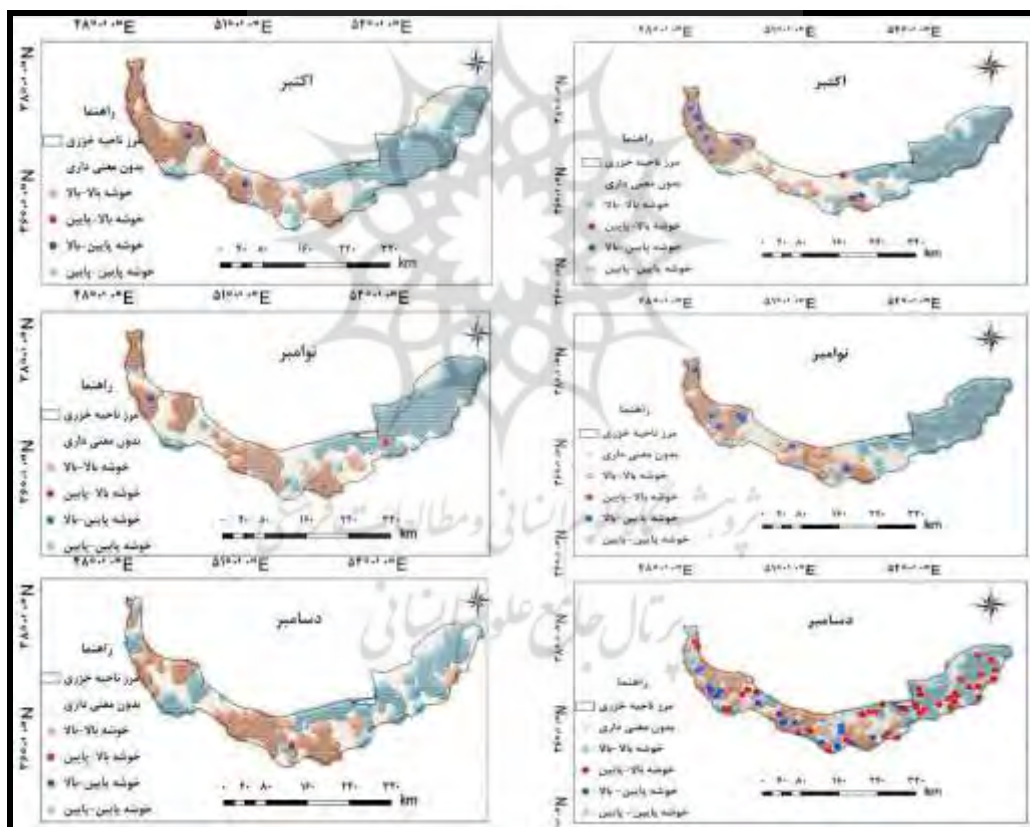
### ۳-۳- توزیع جغرافیایی روابط مکانی

اشکال ۴ و ۵ خودهمبستگی مکانی موران محلی را برای فراوانی بارش شدید ناحیه خزری طی ماه‌های فصل پاییز و زمستان برای هر دو گروه بارشی به صورت متناظر نشان می‌دهد. به عقیده (Anselin, 1995) مکان دارای دو نوع تأثیر وابستگی و ناهمگونی فضایی است؛ بدین معنی که ارزش‌های نزدیک به هم شباهت بیشتری دارند و منجر به تجمع می‌شوند. دوم تأثیر فضایی از تفاوت‌های ناحیه‌ای متأثر می‌شود که خود حاصل یگانه بودن ذاتی هر مکان است. بنابراین، بر اساس آماره موران محلی اگر مقادیر I مثبت باشد، نشان می‌دهد که عارضه مورد نظر توسط عوارض مشابه محاصره شده و بنابراین بخشی از آن خوشه است و اگر مقادیر I منفی باشد به معنای آن است که عارضه توسط عوارضی که اصلاً شباهتی به آن ندارند، محاصره شده است (ناخوشه). لایه خروجی ایجاد شده با این نمایه خوشه‌هایی با مقادیر زیاد (HH) خودهمبستگی فضایی مثبت، خوشه با مقادیر کم (LL)، خودهمبستگی

1 High-High

2 Low-Low

فضایی منفی، غیرخوشه‌ای بودن که در آن یک مقدار زیاد با مقادیر کم محاصره شده‌اند (HL) - و نقاط منفرد توأم با مقدار کم و محصور با مقادیر زیاد (LH) را از یکدیگر جدا می‌کند. شکل (۴) توزیع مکانی خودهمبستگی فضایی حاصل از موران محلی را برای فصل پائیز نشان می‌دهد. در این فصل (شکل ۴)، الگوهای مساحت‌های تحت تأثیر خوشه‌های خودهمبستگی مثبت و منفی برای ماه اکتبر و نوامبر برای هر دو گروه تقریباً یکسان و الگوهای خود-همبستگی مثبت بیشتر در بخش غربی و خودهمبستگی منفی در شرق ناحیه خزری مشاهده می‌شود، ولی در ماه دسامبر به صورت هسته‌های کوچک‌تر در بخش‌های مختلف ناحیه خزری دیده می‌شوند. مجدداً الگوهای خوشه‌ای پایین-بالا و بالا-پایین بیشتر در گروه دوم در ماه‌های مختلف دیده می‌شود که بیشترین آن مربوط به ماه دسامبر می‌باشد که خوشه‌های پایین-بالا در بخش‌های غربی و جنوب‌غربی ناحیه و خوشه‌های بالا-پایین در شرق و جنوب-شرق ناحیه قرار دارند. از این خوشه‌ها به تعداد بسیار کم در گروه اول بارش برای این فصل مشاهده می‌گردد.



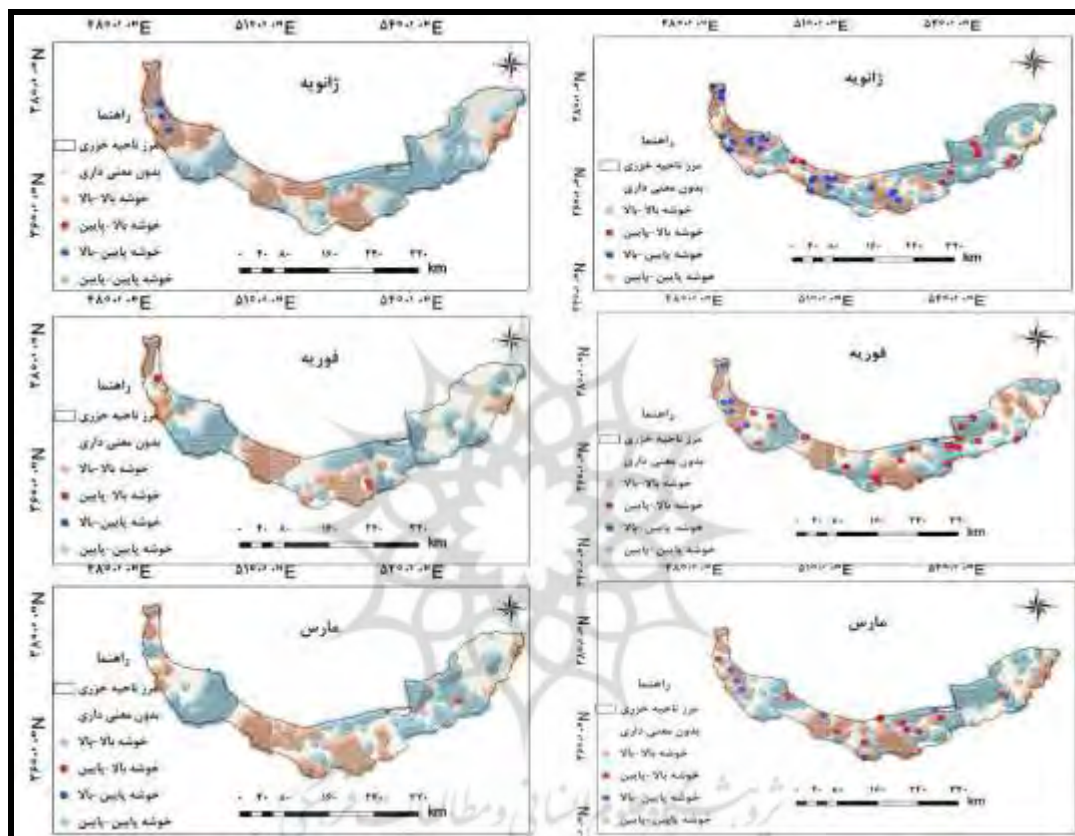
شکل ۴- خودهمبستگی مکانی موران محلی، بارش شدید فصل پاییز ناحیه خزری ( سمت چپ نقشه آستانه

صدک ۹۰-۹۵، سمت راست آستانه صدک ۹۹-۹۵)

- 1 High-Low  
2 Low-High

همچنین بر طبق جدول (۲) بر اساس نمایه  $Gi^*$  طبق روابط (۵) بیشترین مساحت تحت تأثیر الگوهای خودهمبستگی منفی و مثبت مربوط به گروه اول بارشی می‌باشد و مساحت‌های تحت تأثیر این الگوها برای گروه دوم خودهمبستگی مثبت قوی بسیار کمتر و همچنین تغییرات مساحتی ماه به ماه بسیار نامحسوس می‌باشد. در کل ماه‌های فصول سرد ناحیه خزری ناخوشه‌هایی که به لحاظ آماری معنی‌دار نیستند، خوشه‌هایی با خود همبستگی مثبت و منفی را احاطه کرده‌اند. در فصل زمستان شکل (۵) نواحی با الگوهای خودهمبستگی مثبت (HH) در بخش‌های مرکزی و غرب ناحیه در هر دو گروه بارش بیشتر می‌باشد. در ماه مارس تمرکز خودهمبستگی مثبت بیشتر در بخش مرکزی می‌باشد. عمدتاً پراکنش الگوهای خود همبستگی منفی (LL) که نشان از پراکنندگی الگوی فراوانی فرین‌هاست در گروه اول بارشی در تمامی ماه‌ها بیشتر از گروه دوم می‌باشد و در هر دو گروه بیشتر بر بخش‌های مرکزی و شرقی متمرکز است. نکته قابل توجه در این نقشه‌ها که در گروه دوم بارزتر است وجود خوشه‌های پایین-بالا (LH) و بالا-پایین (HL) در ماه‌های فصل زمستان است که در گروه بارشی اول تعداد آن بسیار محدود، به طوری که خوشه پایین-بالا در ژانویه و خوشه بالا-پایین در فوریه در غرب و در مارس در شرق ناحیه قرار دارد ولی در گروه دوم بارشی تعداد این الگوها خصوصاً در ژانویه بیشتر می‌باشد و خوشه‌های پایین-بالا بیشتر در خزر غربی و خوشه‌های بالا-پایین در بخش‌های مرکزی و شرق ناحیه خزری قرار دارد، در ماه فوریه و مارس از تعداد خوشه‌های پایین-بالا در خزر غربی کاسته شده است. در کنار این الگوها مساحت‌هایی از پهنه مورد مطالعه خوشه‌هایی است که از الگوی خاصی پیروی نمی‌کنند و به لحاظ آماری معنی‌دار نیستند. به‌طور کلی می‌توان گفت بررسی الگوهای حاکم بر رفتار خوشه‌های بارش‌های شدید نشان می‌دهد که محل تمرکز الگوهای خودهمبستگی مثبت بیشتر بر نواحی غربی خزر و الگوهای خودهمبستگی منفی در بخش‌های شرقی در فصل زمستان قرار دارد تغییرات مساحت تحت پوشش خودهمبستگی‌ها برای کل ماه‌ها برای هر دو گروه آستانه بارشی در جدول (۳) در سه سطح اطمینان ۹۹،۹۵،۹۰ براساس نمایه  $Gi^*$  نشان از تغییرات مکانی خودهمبستگی‌های الگوهای خوشه‌ای می‌باشد. بر طبق جدول (۳) تغییرات مساحتی ماه‌ها در هر دو گروه نشان می‌دهد که در فصل زمستان بیشترین مساحت ناحیه درگیر بارش‌های حاصل از صدک ۹۵-۹۰ می‌باشد و ماه ژانویه بیشترین درصد خودهمبستگی منفی در گروه اول و الگوی خودهمبستگی متوسط و ضعیف بیشترین مساحت را در گروه دوم دارد. الگوی خوشه‌ای خودهمبستگی مثبت قوی در فصل زمستان در گروه اول بارش بیشتر از گروه دوم می‌باشد و تقریباً نیمی از مساحت پهنه مورد بررسی در فصل زمستان از هیچ‌گونه الگوی خاصی پیروی نمی‌کند. همچنین تغییرات مساحت می‌تواند گستره نفوذ سامانه‌های جوی متفاوت و همگرایی نقش این سامانه‌ها را با ویژگی‌های مکانی ناحیه خزری (وجود دریای خزر، رشته‌کوه‌های البرز و تفاوت‌های مکانی در بخش‌های مختلف ناحیه) در ایجاد این دو گروه بارشی نشان دهد. بررسی نقشه‌های حاصل از موران محلی نشان می‌دهد که بارش‌های آستانه صدک ۹۵-۹۰ در ناحیه خزری به

دلیل فراوانی وقوع بیشتر مساحت بسیاری که تحت تأثیر قرار می‌دهند به لحاظ تمرکز و ایجاد سیل به‌عنوان یکی از مخاطرات طبیعی در ناحیه خزری، بیشتر باید مورد توجه قرار گیرند. آگاهی از آرایش مکانی این خوشه‌ها می‌تواند راهنمای خوبی در برنامه‌ریزی محیطی و پیش‌بینی وقوع سیلاب در مکان‌هایی باشد که این خوشه‌ها (به‌ویژه خوشه‌هایی با همبستگی مثبت) ایجاد می‌کنند.



شکل ۵- خودهمبستگی مکانی موران محلی، بارش شدید فصل زمستان ناحیه خزری ( سمت چپ آستانه صدک

۹۰-۹۵، سمت راست آستانه صدک ۹۹-۹۵)

جدول ۳- درصد مساحت تحت پوشش الگوی خودهمبستگی فضایی مجموع فراوانی ماهانه رخداد

بارش‌های شدید فصول سرد ناحیه خزری (رنگ قرمز صدک ۹۰-۹۵، رنگ مشکی صدک ۹۹-۹۵)

نوع الگو	ژانویه	فوریه	مارس	اکتبر	نوامبر	دسامبر
خودهمبستگی منفی قوی (۰.۹۹)	۷/۱	۵/۱	۶/۷	۸/۱	۵/۲	۶
	۱/۲	۳/۴	۳/۹	۰	۰	۱/۳
خودهمبستگی منفی متوسط (۰.۹۵)	۹/۸	۷/۳	۹/۷	۱۳/۶	۲۰/۵	۹/۲
	۱۰/۳	۸	۸/۵	۵/۸	۱۷	۱۰/۵

## ادامه جدول ۳

نوع الگو	ژانویه	فوریه	مارس	اکتبر	نوامبر	دسامبر
خودهمبستگی منفی ضعیف (۰/۹۰)	۶/۴	۵/۱	۶/۱	۷/۳	۹/۴	۵/۵
	۸	۷/۳	۶/۷	۱۶/۲	۱۲/۴	۸/۲
فاقد معنی آماری	۵۶/۳	۶۵/۷	۶۰/۳	۴۶/۲	۳۶/۷	۵۹/۹
	۶۲	۶۴/۷	۶۵/۳	۵۹/۹	۴۹/۷	۶۱/۹
خودهمبستگی مثبت ضعیف (۰/۹۰)	۰/۴	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۶	۰/۴
	۱/۱	۰/۸	۰	۰	۰/۵	۰/۱
خودهمبستگی مثبت متوسط (۰/۹۵)	۶/۴	۵/۲	۶/۷	۱۰/۱	۱۴/۳	۸/۳
	۷/۴	۵/۶	۵/۳	۶/۵	۸/۵	۶/۷
خودهمبستگی مثبت قوی (۰/۹۹)	۱۷/۷	۱۵	۱۴/۶	۲۰/۸	۲۳/۳	۱۶/۲
	۱۴/۶	۱۳/۷	۹/۱۳	۱۵/۴	۱۸	۱۵/۵

در نهایت به منظور تعیین روابط بین عوامل جغرافیایی (نظیر طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، شیب و جهات جغرافیایی) با فراوانی ماهانه رخداد بارش شدید از آماره چند متغیره موران عمومی استفاده گردید. نتایج این بررسی در جدول (۴) آمده است. بارش شدید در هر دو گروه بارش‌ها با طول جغرافیایی رابطه منفی که در برخی ماه‌ها معنی دار می‌باشد، با عرض جغرافیایی رابطه منفی (به جزء ماه دسامبر در گروه اول و ماه سپتامبر در گروه دوم)، با ارتفاع رابطه منفی معنی دار برای تمامی ماه‌ها (به جزء ماه ژانویه با رابطه مثبت) و در گروه دوم رابطه منفی (به جزء ماه سپتامبر رابطه مثبت) و معنی دار بودن این آماره برای تمام ماه‌ها، به جزء ماه سپتامبر و نوامبر که فقدان معنی داری آماری را نشان می‌دهد، با عامل شیب گروه اول بارش‌ها رابطه منفی معنی دار (به جزء ماه‌های ژانویه و اکتبر با عدم معنی داری) و برای گروه دوم بارش‌ها رابطه منفی معنی دار (به جزء ماه فوریه با رابطه مثبت و عدم معنی داری) و ماه سپتامبر و نوامبر با رابطه منفی و عدم رابطه معنی داری) و در نهایت با جهات جغرافیایی شیب در گروه اول و دوم روابط منفی و مثبت در کل ماه‌ها به لحاظ آماری معنی دار نیست که می‌توان گفت جهات جغرافیایی شیب در بارش‌های شدید ناحیه خزری نقشی ندارد. در مجموع از عوامل جغرافیایی ذکر شده در بالا نقش طول و عرض-جغرافیایی و ارتفاع در هر دو گروه بارشی بارزتر می‌باشد. علی‌رغم معنی داری آماری روابط ارائه شده در جدول ۴ بررسی این روابط نشان می‌دهد که تأثیر عوامل جغرافیایی در فراوانی رخداد این بارش ضعیف‌تر از عملکرد و نفوذ سامانه‌های همدید است و عواملی همانند طول مسیر سامانه‌های همدید از روی دریا و جهت‌گیری این سامانه‌ها نسبت به رشته‌کوه‌های البرز، همچنین نقش ویژگی‌های فیزیکی دریای خزر و گسترش نصف‌النهار و نوسانات حرارتی ایجاد شده آن در فصول مختلف، شارگرمای نهان در سطح دریا در تعامل با همدیگر روابط قوی را در رخداد بارش‌های شدید به وجود می‌آورند.



جدول ۴- روابط مکانی بارش شدید بالا با عوامل جغرافیایی در ناحیه خزری برای بازه ۱۹۶۶-۲۰۱۶ (اعداد داخل پرانتز آماره p (میزان خطای) رد کردن فرض صفر را نشان می‌دهد و رنگ مشکی عدد همبستگی مکانی گروه اول و رنگ قرمز گروه دوم بارشی را نشان می‌دهد).

ماه	ژانویه	فوریه	مارس	اکتبر	نوامبر	دسامبر	عوامل مکانی
طول جغرافیایی	-۰/۳۳ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۵ (۰/۰۰۰)	-۰/۱۹ (۰/۰۰۰)	-۰/۷۰ (۰)	-۰/۶۱ (۰)	-۰/۲۵ (۰/۰۰۰)	
	-۰/۴۴ (۰/۰۰)	-۰/۱۹ (۰/۰۰)	-۰/۱۴ (۰/۰۰)	-۰/۷۲ (۰/۰۰)	-۰/۸۳ (۰/۰۰)	-۰/۴۵ (۰/۰۰)	
عرض جغرافیایی	۰/۰۴ (۰/۰۰)	-۰/۱۲ (۰/۰۰)	-۰/۲۹ (۰/۰۰)	۰/۰۰۴ (۰/۷۰)	-۰/۲۳ (۰/۰۰)	۰/۳۱ (۰/۰۰)	
	-۰/۰۴۶ (۰/۰۰)	۰/۰۶۰ (۰/۰۰)	-۰/۱۷ (۰/۰۰)	۰/۱۳ (۰/۰۰)	-۰/۰۴ (۰/۰۰)	-۰/۱۷ (۰/۰۰)	
ارتفاع	۰/۰۴۷ (۰/۰۰)	-۰/۰۴۸ (۰/۰۰۱)	-۰/۱۰ (۰/۰۰)	۰/۰۴ (۰/۰۰۲)	-۰/۰۸ (۰/۰۰)	۰/۱۵ (۰/۰۰)	
	-۰/۰۲۷ (۰/۰۰)	۰/۰۵۱ (۰/۰۰)	-۰/۰۵۶ (۰/۰۰)	-۰/۰۹ (۰/۰۰)	-۰/۰۰۵ (۰/۶۶)	-۰/۱۰ (۰/۰۰)	
شیب	-۰/۰۰۱۹ (۰/۹۴)	-۰/۰۶۳ (۰/۰۰)	-۰/۰۸ (۰/۰۰)	-۰/۰۰۷ (۰/۷۵)	-۰/۰۶۵ (۰/۰۰)	-۰/۱۳ (۰/۰۰)	
	-۰/۰۰۳ (۰/۰۰)	۰/۰۲ (۰/۰۷)	-۰/۰۳۲ (۰/۰۰۳)	۰/۴۳۰ (۰/۰۰)	-۰/۰۱۵ (۰/۱۹)	-۰/۰۶۳ (۰/۰۰)	
جهت جغرافیایی شیب	-۰/۰۰۵ (۰/۶۷)	-۰/۰۰۹ (۰/۴۶)	-۰/۰۱۳ (۰/۲۶)	-۰/۰۰۳ (۰/۸۳)	-۰/۰۰۲ (۰/۸۹)	۰/۰۱۱ (۰/۳۳)	
	-۰/۰۰۰۶ (۰/۹۵)	-۰/۰۰۱ (۰/۹۱)	۰/۰۰۹ (۰/۴۳)	۰/۰۰۴ (۰/۷۶)	-۰/۰۰۸ (۰/۴۹)	-۰/۰۰۶ (۰/۵۹)	

#### ۴- جمع بندی

یکی از روش‌های بهینه برای واکاوی داده‌های محیطی، واکاوی روابط مکانی می‌باشد. هدف این پژوهش تعیین مکانی الگوی مجموع فراوانی ماهانه بارش‌های شدید آستانه‌های صدک ۹۵-۹۹، ۹۰-۹۵، با کاربرد نمایه‌های خودهمبستگی فضایی موران کلی، موران محلی و نمایه  $G_i^*$  می‌باشد. برای این منظور از داده‌های میانابایی شده بارش‌های روزانه ایستگاه‌های ناحیه خزری طی دوره ۱۹۶۶-۲۰۱۶ (۵۱ سال) استفاده شد. نتایج نشان داد که مقدار نمایه موران کلی بیش از ۰/۹ برای گروه اول بارشی و ۰/۸ برای گروه دوم بارشی در سطح ۰/۰۱ خطا و الگوی

حاکم بر رفتار آنها الگوی خوشه‌ای بالا است. الگوهای خودهمبستگی این عارضه تحت تأثیر نقش توأمان موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های محلی، ناهموازی‌ها با جهت شرق سو (البرز)، سازوکارهای صعود هوا، دوری و نزدیکی به دریا، نفوذ و آرایش سامانه‌های همدیدی و عبور این سامانه‌ها از روی دریا، اختلاف دمای سطح آب و شیو دمایی ایجاد شده بین دریا و خشکی، منابع تأمین رطوبت نظیر دریای خزر، سیاه و مدیترانه می‌باشد. براساس نقشه‌های موران محلی نواحی با خودهمبستگی‌های مثبت در هر دو گروه بارشی بیشتر در نواحی غربی و مرکزی و الگوهای حاصل از خودهمبستگی منفی در بخش شرقی قرار دارد. همچنین تأثیر عوامل جغرافیایی با تأکید بر آماره دو متغیره موران در فراوانی بارش‌ها ضعیف‌تر از عملکرد و نفوذ سامانه‌های همدید است. درنهایت با توجه به اینکه بارش‌های شدید ناحیه خزری باعث ایجاد یکی از مخاطرات طبیعی (سیل) خصوصاً در بخش‌های شرقی می‌گردد، شناخت آرایش فضایی این پدیده می‌تواند در شناسایی مناطق پرمخاطره (سیل) مؤثر بوده و در برنامه‌ریزی‌های منطبق بر شرایط محیط، کاهش آسیب‌پذیری و افزایش سازگاری با این عارضه بسیار مفید باشد.

#### منابع

- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ فرید مجتهدی، نیما؛ نگاه، سمانه؛ مؤمن پور، فروغ؛ صبوری، شبنم؛ اسعدی اسکویی، ابراهیم؛ ۱۳۹۳. پدیده برف دریاچه‌ای و نقش آن در رخداد برف‌های سنگین کرانه جنوب غربی دریای خزر، فضای جغرافیایی، شماره ۵۳، ۲۵۱-۲۲۹.
- خوشحال دستجردی، جواد؛ ۱۳۷۶. تحلیل و ارائه مدل‌های سینوپتیک کلیماتولوژی برای بارش‌های بیش از یک صد میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر. رساله دکتری اقلیم‌شناسی: استاد راهنما: هوشنگ قائمی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ستوده، فاطمه؛ علیجانی، بهلول؛ ۱۳۹۴. رابطه‌ی پراکندگی فضایی بارش‌های سنگین و الگوهای فشار در گیلان. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۱، ۷۳-۶۳.
- عساکره، حسین؛ ۱۳۸۷. کاربرد روش کریجینگ در میان‌بایی بارش، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، ۴۲-۲۵.
- عساکره، حسین؛ خوش‌رفتار، رضا؛ ستوده، فاطمه؛ ۱۳۹۱. بارش‌های سنگین روزانه سپتامبر در ارتباط با الگوهای همدید در استان گیلان (۱۹۷۶-۲۰۰۵). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۲، ۶۶-۵۱.
- عسگری، علی؛ ۱۳۹۰. تحلیل‌های آمار فضایی با ARCGIS، چاپ اول، سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.
- علیجانی، بهلول؛ ۱۳۹۴. تحلیل فضایی، مجله مخاطرات محیطی، شماره ۳، ۱-۱۴.
- فلاح قاهری، غلام عباس؛ اسدی، مهدی؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ ۱۳۹۴. تحلیل فضایی پراکنش رطوبت در ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۴، ۶۵۰-۶۳۷.

- قدرتی، علیرضا؛ رحمتی، سمانه؛ ۱۳۹۴. تحلیل سینوپتیکی بارش‌های رگباری منجر به سیل در غرب گیلان، سومین کنفرانس ملی مدیریت و مهندسی سیلاب، ۲۱-۲۳ مهرماه ۱۳۹۴.
- کارخانه، میثم؛ مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ ۱۳۹۵. شبیه‌سازی نقش دریای خزر بر وقوع بارش‌های منطقه‌ای در سواحل جنوبی دریای خزر، جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۱۸، ۱۶۸-۱۵۳.
- مرادی، حمیدرضا؛ ۱۳۸۰ بررسی سینوپتیک سیلاب ۲۱ آبان ماه سال ۱۳۷۵ نواحی مرکزی مازندران، مجله رشد آموزش جغرافیا، شماره ۵۶، ۴۱-۳۳.
- مرادی، حمیدرضا؛ ۱۳۸۵. پیش‌بینی وقوع سیلاب‌ها بر اساس موقعیت‌های سینوپتیکی در ساحل جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۵، ۱۳۱-۱۰۹.
- مظفری، غلامعلی؛ مزیدی، احمد؛ شفیع، شهاب؛ ۱۳۹۶. واکاوی روابط فضایی بارش‌های فرین غرب ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ۴۶، ۱۸۴-۱۶۹.
- مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ جانباز قبادی، غلامرضا؛ ۱۳۸۶. تعیین الگوی هم‌دیدی بارش‌های شدید و حدی پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۳، ۱۳۱-۱۵۴.
- مفیدی، عباس؛ زرین، آذر؛ جانباز قبادی، غلامرضا؛ ۱۳۸۷. تعیین الگوی هم‌دیدی بارش‌های شدید زمستانه و مقایسه آن با الگوی بارش‌های شدید پاییزه در سواحل جنوبی دریای خزر، اولین کنفرانس بین‌المللی تغییرات زیست‌محیطی منطقه خزری، ۳ تا ۴ شهریورماه ۱۳۸۷، دانشگاه مازندران، بابلسر.
- میرموسوی، حسین؛ دوستکامیان، مهدی؛ ستوده، فاطمه؛ ۱۳۹۴. بررسی و تحلیل الگوی فضایی تغییرات درون دهه‌ای بارش‌های سنگین و فوق سنگین ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳، ۷۶-۶۷.
- نظری‌پور، حمید؛ دوستکامیان، مهدی؛ علیزاده، سارا؛ ۱۳۹۴. بررسی الگوهای توزیع فضایی دما، بارش و رطوبت با استفاده از تحلیل اکتشافی زمین‌آمار (بررسی موردی: نواحی مرکزی ایران)، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۱، ۱۱۷-۹۹.
- یوسفی، حسن؛ عزیزی، قاسم؛ ۱۳۸۳. زمانی‌بندی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر. فصلنامه مدرس علوم انسانی، شماره ۴، ۱۹۳-۲۱۳.

Agena, I., Macdonald, N., & Morse, A.P. (2014). Variability of maximum and mean average temperature across Libya (1945–2009). *Theoretical and Applied Climatology*, (Vol. 117), 549-563.

Alexandersson, H, 1986. A Homogeneity Test Applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, (Vole. 6), 661-675.

Allard, D., & Soubeyrand, S. (2012). Skew-normality for climatic data and dispersal models for plant epidemiology: when application fields drive spatial statistics. *Spatial Statistics*, (Vol. 1), 50-64.

Anselin, L. (1995). Local indicators of spatial association-LISA. *Geographical Analysis*, (vol. 27), 93-115.

Chang, H., Kwon, W. (2007). Spatial variations of summer precipitation trends in South Korea, 1973–2005, *ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS*2 (045012), 1-9.

- Clark, W.A.V., Hosking, P., L. (1986). *Statistical Methods for geographers: John Wiley and sons, New York, 379.*
- Fu, W.J., Jiang, P.K., Zhou, G.M., & Zhao, K.L. (2014). Using Moran's I and GIS to study the spatial pattern of forest litter carbon density in a subtropical region of southeastern China, *Biogeosciences*, 11(8), 2401-2409.
- Hartmann, S., Baker, & King, L. (2008). Quasi-Periodicities in Chinese Precipitation Time Series. *Theoretical and Applied Climatology*, (Vol.92), 155-163
- IPCC. (2007). the physical science basis. Contribution of Working Group I to Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge, United Kingdom, & Cambridge University Press.
- Jia, S., Zhu, W., Lü, A., & Yan, T. (2011). "A statistical spatial downscaling algorithm of TRMM precipitation based on NDVI and DEM in the Qaidam Basin of China". *Remote sensing of Environment*. 115(12), 3069-3079.
- McCabe, M.F., Kalma, J.D., & Franks, S.W. (2005). Spatial and temporal patterns of land surface fluxes remotely sensed surface temperatures within an uncertainty modelling framework, *Hydrology and Earth system Sciences*, 9(5), 467-480.
- Ord, J. K., & Getis, A. (1995). Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. *Geographical analysis*, (Vol. 27), 306-286.
- Robeson, S.M., Li, A. & Hunang, C. (2014). Point- pattern analysis on the sphere Statistics. *Spatial Statistics* (Vol. 10), 76-86.
- Rousta, I., Doostkamian, M., Haghighi, E., Ghafarian, H., Yarahmadi, P. (2017). An Analysis of Spatial Autocorrelation Patterns of Heavy and Super-Heavy Rainfall in Iran. *Advances in atmospheric sciences*, (VOL. 34), 1069-1081.
- Rousta, I., Nasserzadeh, M., Jalali, M., Ghaseme, A. (2017). Decadal Spatial-Temporal Variations in the Spatial Pattern of Anomalies of Extreme Precipitation Thresholds (Case Study: Northwest Iran). *Atmosphere 2017*, (Vol.8), 1-15.
- Sugumaran, R., Larson, S. R. & DeGroot, J. P. (2009). Spatial-temporal cluster analysis of county-based human West Nile Virus incidence in the continental United States, *International journal of health geographice*, 8(1), 8-43.
- Wang, Q., Ni, J., & Tenhunen, J. (2005). Application of a geographically weighted regression analysis to estimate net primary production of Chinese forest ecosystems, *Global Ecology Biogeography*, 14(4), 379-393.