تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی تغییرات بارش ماهانه و فصلی حوضه‌های آبریز مند و حله

سعید بلیانی [1] محمد سلیقه [2]

تاریخ دریافت مقاله: ۹٤/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۸/۰٦

****

چکیده

تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی[3](ESDA)،به دنبال تشخیص تمایز بین الگوهای تصادفی و غیر تصادفی می‌باشد. در این تحقیق با استفاده از داده‌های ۳۷ ایستگاه باران‌سنجی و سینوپتیک در منطقه شمالی خلیج‌فارس (حوضه‌های آبریز مند وحله) اقدام به تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی (آمارفضایی) تغییرات رژیم بارش (ماهانه و فصلی) شده است. نتایج حاصل از این تحقیق مشخص می‌نماید که بر اساس نیمرخ‌های ترسیم شده بر بارش ماهانه در فصول مختلف سال در امتداد نصف النهارات و مدارات، بارش از غرب به شرق حوضه دارای روند افزایشی است.همچنین در امتداد نصف‌النهارها در منطقه نیز در مقطع ماهانه روند بارش از شمال به جنوب حوضه کاهشی می‌باشد. تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی بارش در حوضه‌های آبریز مند و حله نشان داد که مراکز میانگین و بیضی‌های استاندارد در فصول پاییز،زمستان و بهار در مرکز و متمایل به مناطق پربارش محدوده مورد مطالعه واقع هستند. اما در فصل تابستان رفتاری متفاوت‌تر به خود گرفته و مرکز میانگین و بیضی‌های استاندارد بارش، به سمت جنوب و جنوب شرق منطقه مورد مطالعه متمایل شده اند. در بررسی تحلیل خودهمبستگی فضایی آماره موران محلی مشخص شد که برروی بارش ماه‌های مختلف سال، خوشه‌های بالا – بالای بارش در اکثر ماه‌ها به جز دوماه از فصل تابستان (جولای و آگوست) در قسمت شرق و شمال شرق منطقه واقع شده و خوشه‌های پایین – پایین بارش نیز در بخش‌های غرب،جنوب و جنوب غرب حوضه‌های مورد مطالعه قرار گرفته اند.

واژه‌های کلیدی:تحلیل اکتشافی،آمارفضایی،تغییرات بارش،حوضه آبریزمند وحله.

****

۱- دانش آموخته اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی ybalyani52@yahoo.com

۲- دانشیار اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه خوارزمی saligheh@khu.ac.ir

3- Exploratory Spatial Data Analysis

مقدمه

تعامل عمیق، پیچیده و مداوم بارش با سایر عناصر و عوامل اقلیمی سبب تغییر و تنوع این عنصر در بعد زمان و مکان شده است. این تغییر و تنوع در رفتار آشکار و نهان بارش، توجه اقلیم‌شناسان و نیز اندیشمندان علوم مرتبط با اقلیم شناسی را به خود معطوف نموده است. بنابراین ایجاد ارتباط بین روش‌های آمار فضایی و نقشه برای آگاهی بهتر از ماهیت فضایی عناصر اقلیمی امری ضروری بشمار می‌رود. در این میان ابداع تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی توانست با ایجاد چنین ارتباطی،نقشه سازی پدیده‌ها را از توصیف مکانی به تحلیل فضایی و از طرفی درک تصویری بعد فضایی پدیده‌ها را ارتقاء دهد. به واقع تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی به عنوان مجموعه روش‌هایی که برای پی‌ریزی کردن نمایش تصویری داده‌های فضایی،مشاهده اندازه‌ها، وابستگی فضایی یا ناهمگونی فضایی به کار می‌روند، شناخته می‌شوند.به عبارت دیگر رویکردهای تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی(ESDA)، به دنبال تشخیص تمایز بین الگوهای تصادفی و غیر تصادفی می‌باشد. بطور کل می‌توان دو رویکرد را برای تحلیل کتشافی داده‌های فضایی در نظر گرفت. نخست، رویکردی که به شناسایی الگوی رفتاری متغیرهای فضایی و بدون در نظر گرفتن رابطه شان 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 *(خسروی،۱۳۹٤:٦۳)*. انسلین[1] (۱۹۹۹)، مدل‌هائی که خودهمبستگی فضایی را در نظر گرفته و کاربرد روش حداکثر درست‌نمائی در آنها به برآوردگرهای سازگاری از پارامترهای مدل منتهی می‌شود،را توضیح داده است. در حوزه آمار فضایی و تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی در زمینه جغرافیا به جز چند مورد اندک و خصوصاً اقلیم شناسی در سطح جهانی مطالعات اندکی صورت گرفته است.تاکنون محققین بسیاری به بررسی تأثیر عوامل مکانی –فضایی در ارتباط با بارش پرداخته‌اند: ازجمله این تحقیقات می‌توان به کارسینگ و همکاران[2] (۱۹۹۷)، گلازیرین و همکاران[3] (۱۹۹۷)،رانهو و همکاران[4] (۲۰۰۸)، علیجانی(۲۰۰۸)، علیجانی (۱۳۷٤)،غیور و مسعودیان (۱۳۷۵)، مجرد و مرادی (۱۳۸۲)، رضیئی و عزیزی (۱۳۸۷) اشاره کرد. در زمینه آمارفضایی در اقلیم شناسی و هواشناسی از گروه آمار نیز بعنوان نمونه در کشور یعقوبیان (۱۳۸۷) بارندگی در استان همدان را با استفاده از روش‌های گریگیدن پیش‌بینی کرده است. اطمینان(۱۳۸۵)و شفیعی (۱۳۸۷) با استفاده از روش گریگیدن (آمار فضایی و پیشگویی فضایی – مکانی) سطح حوضه آبریز دشت بیرجند را پیش گویی فضایی نموده‌اند. صادقی نیا و همکاران (۱۳۹۲) طی پژوهشی اقدام به بررسی کاربرد تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی[5] در تحلیل جزیره حرارتی شهر تهران کرده‌اند. آنها با استفاده از شاخص‌های عمومی و محلی موران و تحلیل خودهمبستگی فضایی تغییرات فضایی – زمانی جزیره حرارتی شهر تهران را مورد واکاوی قرار دادند و نتیجه گرفتند که در طول زمان یعنی از سال ۱۹۸٦ تا سال ۲۰۱۰میلادی هسته‌هایی با وسعت فضایی و داغ معنادار در برخی از نقاط شهر تهران افزایش پیدا کرده و شهر تهران پدیده تغییر اقلیم حرارتی را تجربه نموده است. علیجانی و همکاران (۱۳۹۲) بارش سالانه ایران را در ۱۷٦ ایستگاه سینوپتیک به روش گریگینگ معمولی کروی پهنه‌بندی نمودند و برروی پیکسل بارش سالانه ایران اقدام به تحلیل فضایی بارش سالانه با استفاده از آماره موران و آماره جی استار (لکه‌های داغ و سرد) نمودند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که بارش ایران از الگوی خوشه‌ای فضایی برخوردار می‌باشد. همچنین از طریق ارزیابی نقاط داغ و سرد خوشه‌های بارش باارزش بالا و خودهمبستگی فضایی را درنوار شمالی و کمربند شمالغرب ایران برروی محور زاگرس تا حوالی شمال استان فارس شناسایی نمودند

1- Anselin

2- Singh and Kumar

3- . Golazerin and et al

4- Ranhaoat and et al

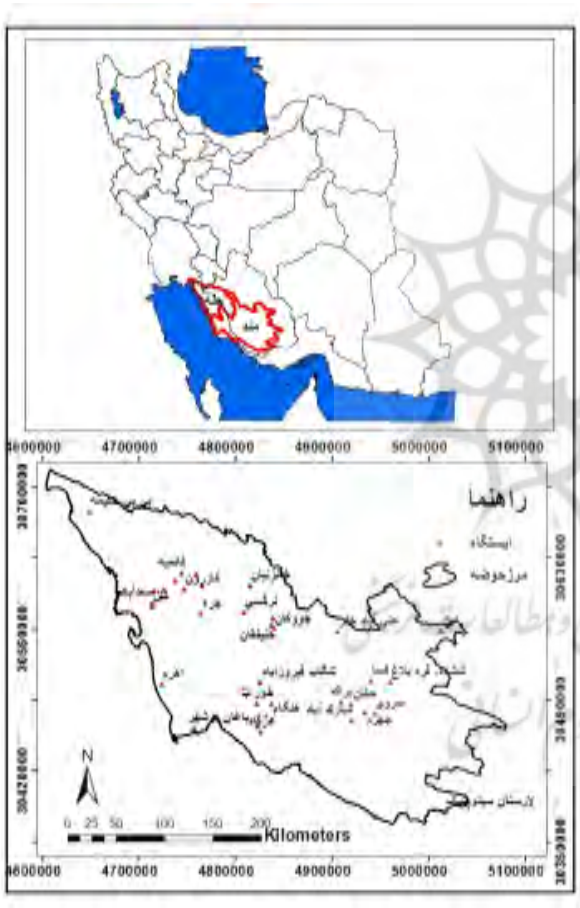
5- Spatial autocorrelation

و لکه سرد با بارش کم را در قسمت‌های ایران مرکزی و جنوب و جنوب شرق ایران مورد تأیید قرار دادند. عساکره و سیفی‌پور (۱۳۹۰) اقدام به مدل سازی بارش سالانه ایران نمودند. آنها با استفاده از رگرسیون حداقل مربعات معمولی[1] و رگرسیون موزون جغرافیایی[2] رفتار بارش سالانه ایران را از نظر ارتباط مکانی با عوامل جغرافیایی ارزیابی کردند و نتیجه گرفتند که استفاده از رگرسیون‌های فضایی خصوصاً رگرسیون موزون جغرافیایی قادر به پیش‌بینی متغیر بارش سالانه ایران در ارتباط با عوامل جغرافیایی (طول، عرض، ارتفاع، شیب و جهت شیب) هستند. با توجه به مباحث فوق هدف از این تحقیق کاربرد تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی (آمار فضایی) دربررسی تغییرات بارش ماهانه و فصلی حوضه‌های آبریز مند و حله می‌باشد. بلیانی و همکاران (۱۳۹۳) اقدام به مدل‌سازی روابط مکانی - فضایی بارش سالانه استان خوزستان با استفاده از رویکرد تکنیک‌های آمار فضایی نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در پهنه استان خوزستان می‌توان با استفاده از روش‌های آمار فضایی شناخت مطمئن‌تر و مناسب‌تری از رفتار مکانی بارش به دست آورد. نامبردگان با استفاده از آماره موران محلی دریافتند که میزان بارش‌های با خوشه‌های بالای خودهمبستگی مثبت و پرباران در شمال شرق و شرق استان و خوشه‌های با بارش کم و خودهمبستگی فضایی منفی در قسمت‌های جنوب غرب و غرب استان واقع می‌باشند. سلیقه و همکاران (۱۳۹٤) طی تحقیقی اقدام به تحلیل روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه حوضه‌های آبریز مند و حله نمودند. نتایج کار آنها نشان داد بارش در ایستگاه‌های منطقه کاهشی بوده و از بین ۳۷ ایستگاه مورد مطالعه ۱۱ ایستگاه دارای روند خطی و سهمی می‌باشند. همچنین با تکنیک تحلیل طیفی مشخص شد که چرخه‌های معنی‌داری در بارش ۱۷ ایستگاه منطقه رؤیت می‌شود، که اغلب چرخه‌ها با دوره بازگشت ۲ الی ۳ سال و ۳ الی ۱۰ ساله بوده است.با توجه به توضیحات فوق هدف از این تحقیق تحلیل اکتشافی داده‌های فضایی تغییرات بارش ماهانه و فصلی در حوضه‌های آبریز مند و حله می‌باشد.

1- Ordinary Least Squares
2- Geographical Weighted Regression (GWR)

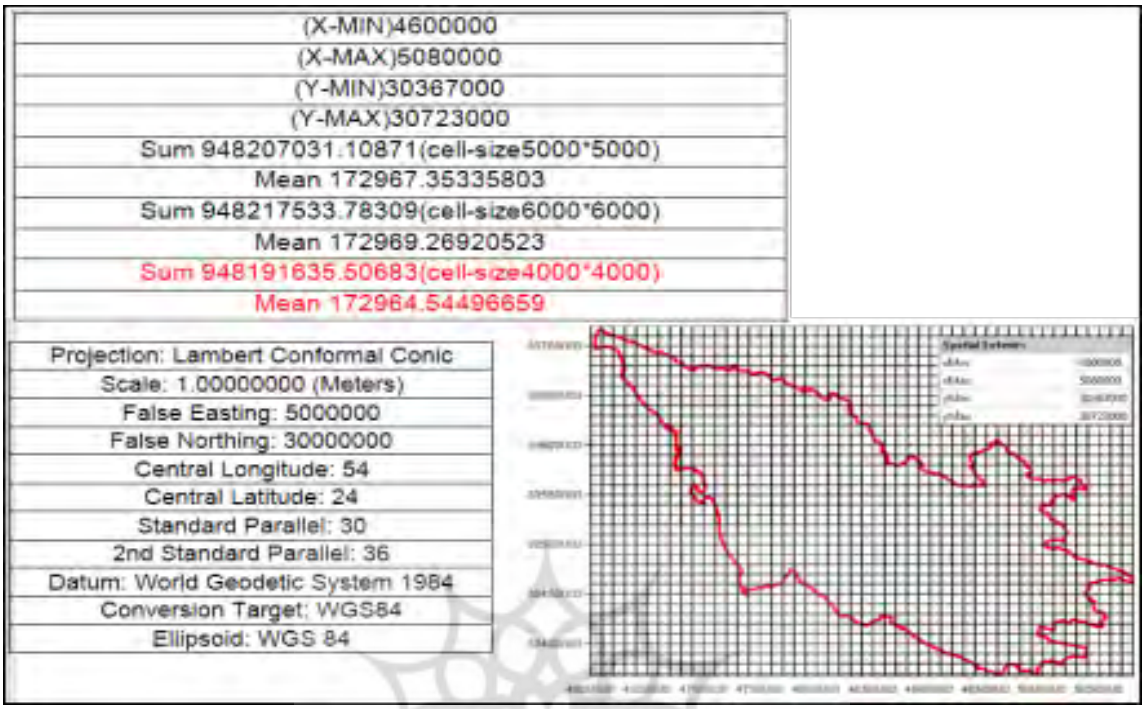
داده‌ها و روش تحقیق

در این پژوهش از اطلاعات مجموع بارش سالانه ۳۷ ایستگاه باران سنجی و سینوپتیک از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۱ میلادی در حوضه‌های آبریز مند وحله در منطقه شمالی خلیج فارس در جنوب غرب ایران جهت میان یابی استفاده شد (نگاره ۱).



نگاره ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی و ایستگاه‌های موردمطالعه منطقه شمالی خلیج‌فارس (حوضه‌های آبریز مند و حله)

برای تهیه یاخته های (پیکسل) بارش ٤×٤ کیلومتر که در سیستم تصویر مخروطی لامبرت نگاشته شده، درون یابی به روش کریگینگ معمولی کروی بعنوان کاندید مناسب



نگاره ۲: جدول آماره‌های خطا و سیستم مختصات نقشه شبکه‌بندی(٤×٤کیلومتر) جهت استخراج مناسب یاخته‌های بارش در محدوده منطقه مورد مطالعه

برای درون یابی انتخاب شد. سپس باتوجه به مختصات بیان شده سراسر پهنه مورد مطالعه با ٤۳۲٤ یاخته (پیکسل) پوشانده شدند (نگاره ۲).

تعیین یاخته‌های مناسب نیز با استفاده از آزمون و خطا جهت تعیین شبکه مربعی یاخته‌های بارش لحاظ شده است. از جمله آماره‌های فضایی معتبر در بررسی داده‌های مکانی در زمینه تحلیل اکتشافی داده‌ها می‌توان به آماره موران جهانی(عمومی) و محلی اشاره نمود. از دیگر آماره‌های مناسب می‌توان به مرکز میانگین و بیضوی استاندارد اشاره کرد.

شاخص آماره موران محلی

آماره موران جهانی فقط خوشه‌بندی کلی متغیرها را نشان می‌دهد ولی نمی‌تواند برای تشخیص الگوی ارتباط فضایی ارزش‌ها، در محدوده همسایگی استفاده شود. برای آشکارسازی الگوی فضایی تفاوت‌های محلی، از آماره خودهمبستگی موران محلی استفاده می‌شود ***(Anselin, 2005)***:

$$I_i = x_i \sum_{i=1, j\neq i}^{N} w_{ij} x_j \qquad (۱)$$

در رابطه فوق، N تعداد پیکسل‌ها (مشاهدات فضایی)، x_i و x_j به ترتیب مقادیر استاندارد شده پیکسل iام و jام هستند. w_{ij} مقدار وزن فضایی استانداردشده است و مجموع وزن‌ها برابر ۱ می‌باشد.

این شاخص نقاط توزیع بارش را با توجه به تحلیل‌های خود همبستگی فضایی به‌صورت نقاط داغ و سرد مورد ارزیابی فضایی قرار می‌دهد. بدین گونه که در خروجی آن چهار قسمت وجود دارد که به‌عنوان‌مثال شامل همجواری نقاط با بارش بالا- بالا[1]، پایین-پایین[2]، پایین- بالا[3] و بالا- پایین[4] می‌باشد.

1- High - High
2 - Low-Low
3- Low-High
4- High-Low

شاخص توزیع بیضی انحراف معیار

روشی که معمولاً برای اندازه‌گیری روند در مجموعه‌ای از نقاط یا نواحی بکار گرفته می‌شود محاسبه فاصله استاندارد در جهت X و Y می‌باشد. این دو مقدار محورهای بیضی‌ای که توزیع عوارض را دربرمی گیرند تعریف می‌شوند. از این بیضوی به‌عنوان بیضوی انحراف استاندارد نیز نام می‌برند. این آماره فضایی به‌صورت معادله زیر قابل استنباط است:

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (۲)$$

$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (۳)$$

در اینجا x_i و y_i مختصات i بوده و $\hat{x}$, $\hat{y}$ به ترتیب میانگین مرکزی عوارض و n برابر با تعداد کل عوارض در لایه موردمطالعه است. همچنین زاویه چرخش نیز به‌صورت زیر قابل‌محاسبه است:

$$\tan\theta = \frac{A+B}{C} \quad (٤)$$

$$A = \left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^{n}\tilde{y}_i^2\right) \quad (٥)$$

$$B = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^{n}\tilde{y}_i^2\right)^2 + 4\left(\sum_{i=1}^{n}\tilde{x}_i\tilde{y}_i\right)^2} \quad (٦)$$

$$C = 2\sum_{i=1}^{n}\tilde{x}_i\tilde{y}_i \quad (٧)$$

در اینجا $\widehat{yi}$ $\widehat{xi}$, اختلاف بین مختصات x و y از میانگین مرکزی است. انحراف استاندارد برای محورهای x و y عبارت‌اند از:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\tilde{x}_i\cos\theta - \tilde{y}_i\sin\theta)^2}{n}} \quad (٨)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(\tilde{x}_i\sin\theta - \tilde{y}_i\cos\theta)^2}{n}} \quad (٩)$$

میانگین مرکزی ساده‌ترین تحلیل در آمار فضایی است. این روش شبیه به میانگین در آمار کلاسیک است و به صورتی مشابه محاسبه می‌شود.

این شاخص مرکز جغرافیایی و یا مرکز ثقل مجموعه‌ای از عوارض را شناسایی می‌نماید، و به‌صورت معادله زیر قابل ارزیابی است:

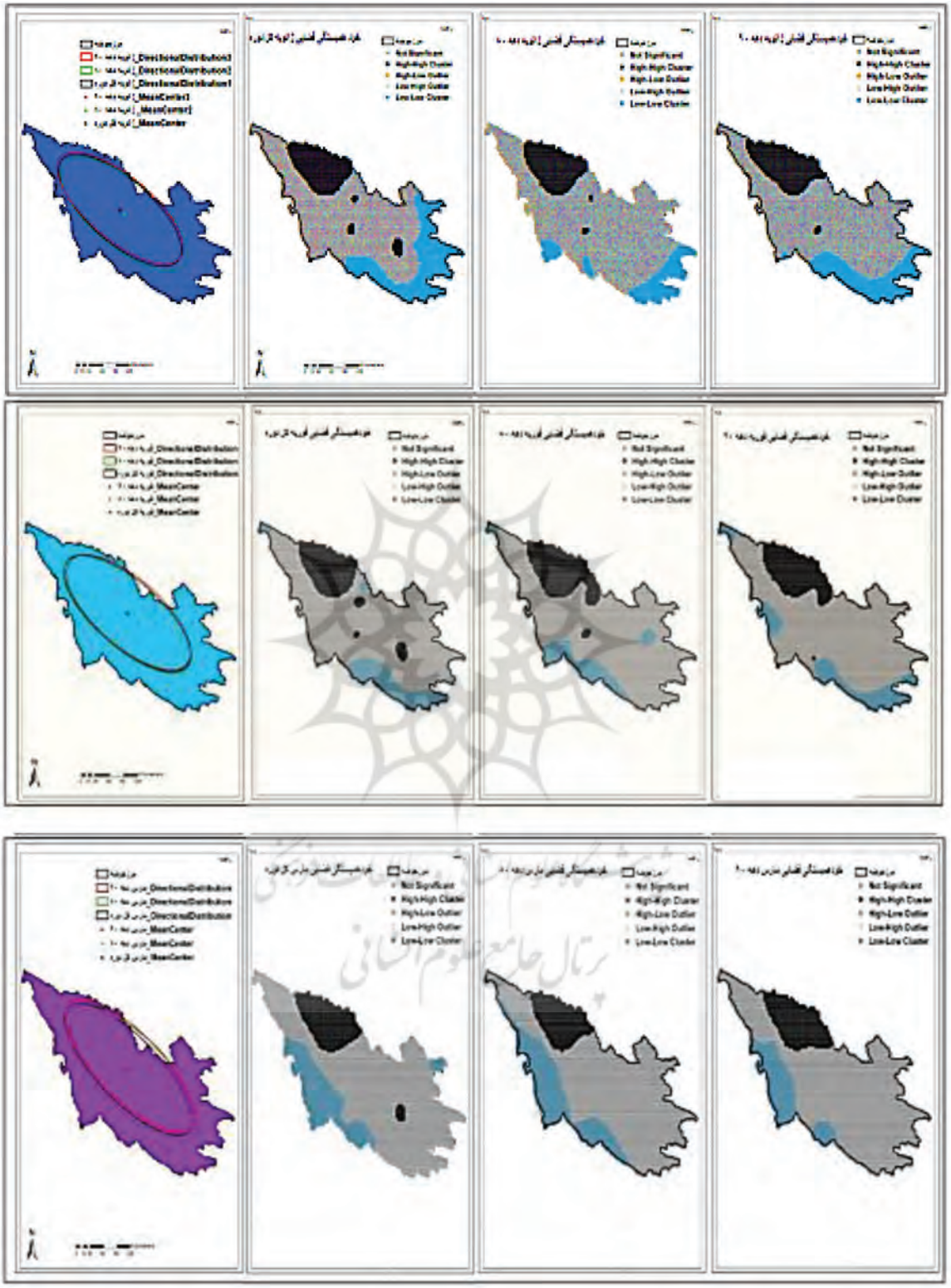
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n}x_i}{n} \quad , \quad \bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{n}y_i}{n} \quad (١٠)$$

در اینجا x_i و y_i مختصات x و y و n برابر با تعداد کل عوارض موجود در لایه مورد تحلیل است *(بلیانی،حکیم دوست،۱۳۹۳)*.

تحلیل یافته‌های پژوهش

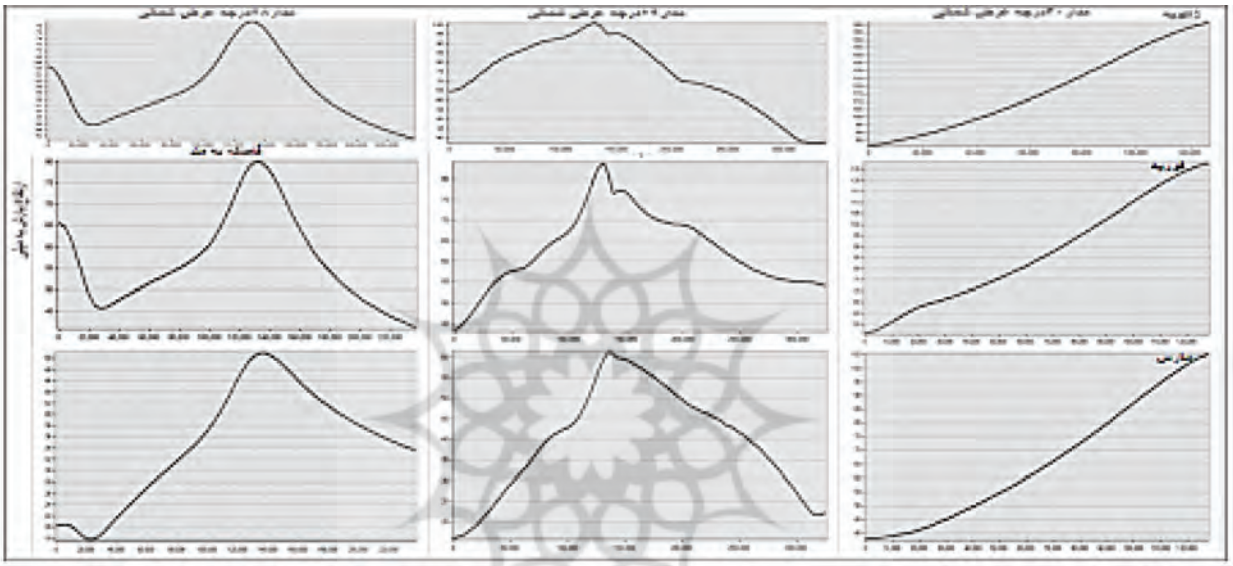
توزیع زمانی - فضایی بارش ماهانه فصل زمستان

نگاره (۳) توزیع زمانی - فضایی بارش ماهانه فصل زمستان را به همراه مرکز میانگین و بیضوی استاندارد و نقشه‌های خوشه‌ای آماره موران محلی به تصویر می‌کشد. بطوریکه در ماه‌های کل دوره و دهه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ بارش مشاهده می‌شود، بیشینه‌های بارش ماهانه با ارزش بالا - بالا و همسایگی آنها در قسمت‌های شمال شرق در کل دوره و دهه‌های مورد مطالعه واقع شده است.ساختار فضایی داده‌های بارش حاکی از قرارگیری بارش‌های خوشه‌ای با ارزش پایین - پایین بارش در قسمت‌های غرب، جنوب و جنوب غرب منطقه و مجاور با آب‌های نیلگون خلیج فارس هستند. مرکزهای میانگین و بیضوی‌های استاندارد نیز بخوبی نشان می‌دهد که گرانیگاه (ثقل) بارش در محدوده‌های پربارش و در مسیر اصلی سامانه‌های ورودی بارش واقع هستند. ماه‌های اصلی بارش در منطقه مورد مطالعه زمستانه هستند. بطوریکه اکثر ریزش‌های جوّی موجود در منطقه مورد مطالعه نیز در ماه‌های این فصل نازل می‌شود. تمامی محدوده‌های با ارزش بالا - بالای بارش در ماه‌های دی ،بهمن و اسفند در شمال شرق واقع است. تغییرات فضایی ساختار داده‌های بارش در کل دوره و دهه‌های بارش در ماه‌های فصل زمستان در مناطق شمال شرق و شرق بعنوان بیشینه بارش منطقه واقع است. همچنین ساختار فضایی داده‌های بارش با ارزش‌های پایین - پایین و الگوی خوشه‌ای در قسمت‌های غرب،جنوب و جنوب غرب محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است. وضعیت بارش و ساختار فضایی داده‌های بارش در یک

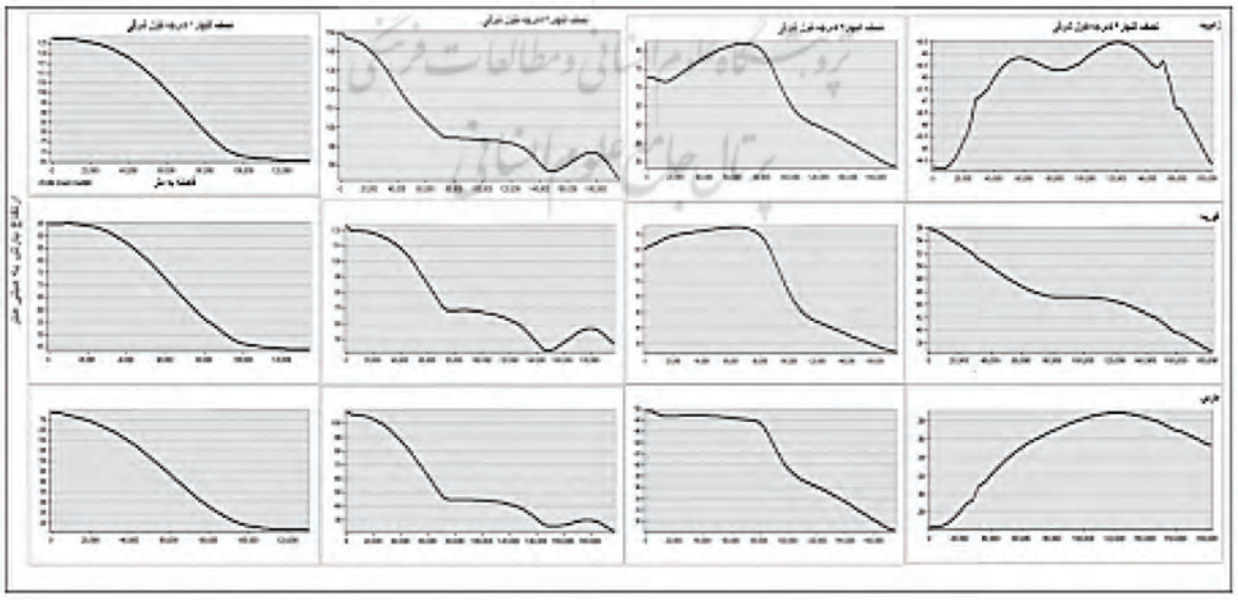


نگاره ۳. توزیع زمانی - فضایی مرکز میانگین و بیضی استاندار و بارش خوشه ای ماهانه در فصل زمستان

ارتباط فضایی با همدیگر مبین قرار گیری و تغییرات اندک الگوی فضایی در طول دهه ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ است. اما می‌توان با توجه به نقشه‌های موجود در دهه‌ی اخیر کاهش بارش و به تعبیری افزایش تعداد سلول‌های با ارزش پایین - پایین بارش را مشاهده نمود. در مجموع ساختار اصلی و الگوی فضایی داده‌های بارش دارای ساختار فضایی تقریباً منظمی در طول زمان در ماه‌های فصل زمستان می‌باشد.شایان توضیح است که در نقشه‌های مورد مطالعه رنگ‌های مشکی محدوده‌های با الگوی خوشه‌ای؛ یا خودهمبستگی فضایی بارش (H-H) یا بالا-بالا و رنگ‌های آبی محدوده‌های با الگوی خوشه‌ای؛ یا خودهمبستگی فضایی بارش(L-L) یا پایین - پایین می‌باشند.همچنین نقاط خاکستری برروی نقشه‌ها نیز وضعیت تصادفی یا عدم معنی داری آماری در خودهمبستگی فضایی بارش را نشان می‌دهند.



نگاره ٤: نیمرخ بارش ماهانه فصل زمستان در سه مدار منتخب (از غرب به شرق حوضه)



نگاره ٥: نیمرخ بارش ماهانه فصل زمستان درچهار نصف النهار منتخب (از شمال به جنوب حوضه)

همچنان که نیمرخ‌های بارش در امتداد نصف‌النهارات در نگاره‌ها ٤ و٥ نشان می‌دهند، بیشترین میزان این سیر صعودی در بخش‌های شرق و شمال شرق اتفاق افتاده است. به عبارتی کمینه بارش در بخش‌های جنوب، جنوبغرب و غرب در امتداد نصف‌النهارات ترسیمی به گونه‌ای است که بارش از شمال به جنوب سیر کاهشی دارد. افزایش بارش در ماه‌های فصل زمستان توأم با تغییر مکان مراکز بیشینه بارش ازمنطقه شمالی به سمت عرض‌های جنوبی‌تر است. از طرف دیگر بارش ارتفاعات زاگرس نسبت به اطراف دارای مقدار بیشتری نسبت به بخش‌های کم ارتفاع منطقه خصوصاً سواحل شمالی خلیج فارس است. الگوی نیمرخ‌های بارش حاکی از تبعیت بارش از ارتفاع به جز بخش غرب و جنوب غرب را نمایان ساخته است. به گونه‌ای که بیشترین بارش در ارتفاعات واقع شده و با کاهش ارتفاع، بارش نیز سیر نزولی پیدا می‌کند. همچنین بارش‌های زمستانه در جهت مدارات از غرب به شرق حوضه از تفاوت نسبی برخوردار است. به گونه‌ای که در مدار °۲۸، °۲۹ و°۳۰ عرض شمالی، بارش در هر سه ماه از غرب به شرق سیر افزایشی را نشان می‌دهد. البته با رسیدن نیمرخ‌های مذکور در راستای نصف‌النهارات و مدارات منتخب به بخش‌های مرکزی بارش از حالت متعادل‌تری برخوردار شده، اما در ارتفاعات و در مدار°۲۹ عرض شمالی از غرب به شرق بارش دارای مقدار بیشتری می‌باشد که فزونی بارش در بخش میانی و خصوصاً شمال شرق ملموس‌تر است.

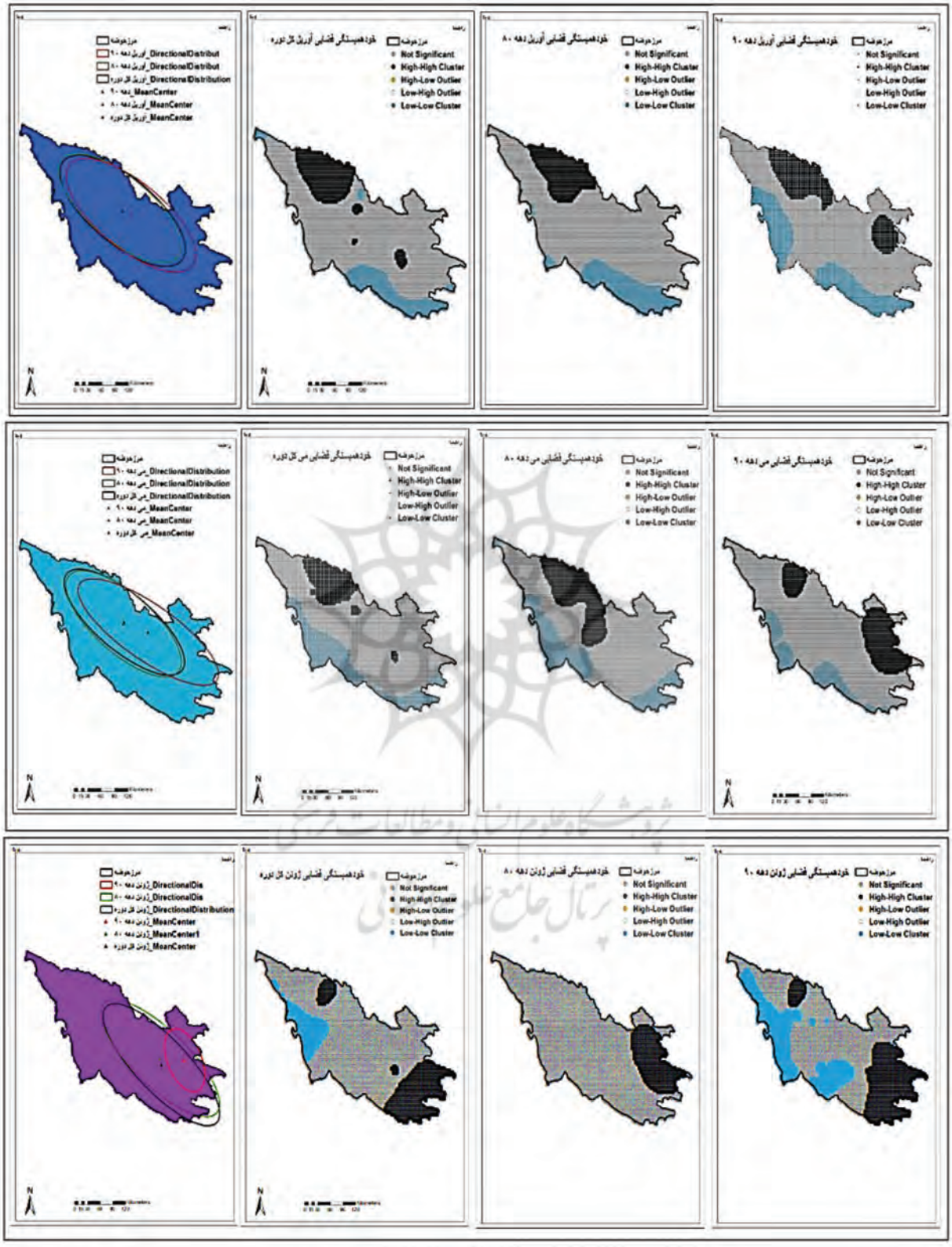
توزیع زمانی - فضایی بارش ماهانه فصل بهار

نگاره (٦) توزیع زمانی - فضایی بارش ماهانه فصل بهار را به همراه مرکز میانگین و بیضوی استاندارد و نقشه‌های خوشه‌ای آماره موران محلی به تصویر می‌کشد.بطوریکه در ماه‌های کل دوره و دهه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ مشاهده می‌شود، بیشینه‌های بارش بازهم با ارزش بالا - بالا و همسایگی آنها در قسمت‌های شمال شرق در کل دوره و دهه‌های مورد مطالعه واقع است.

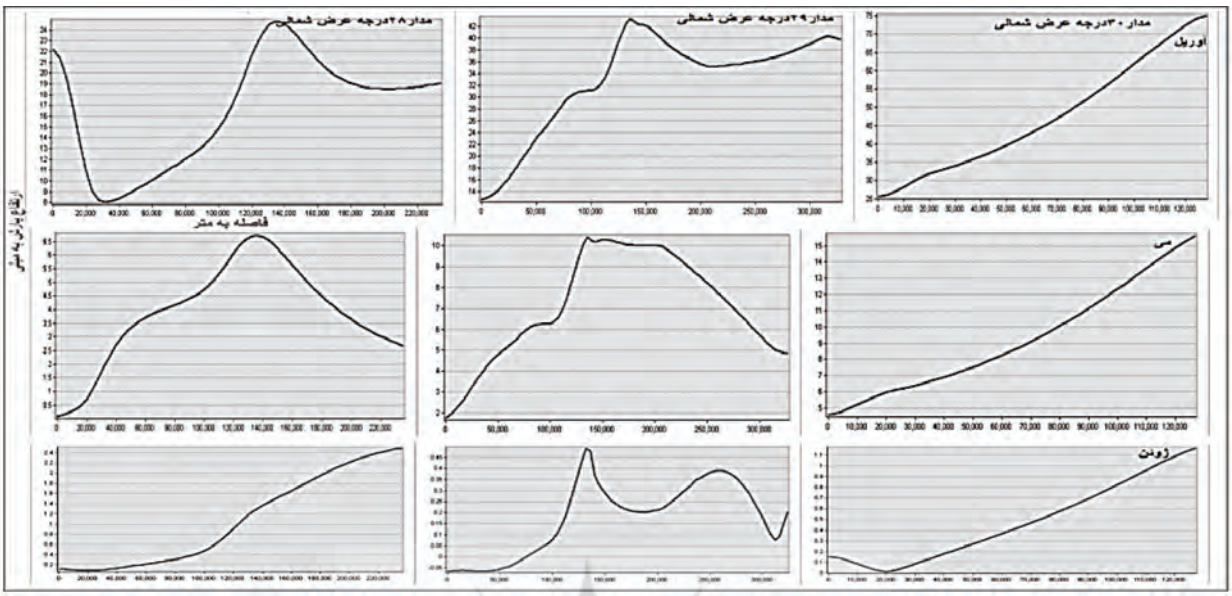
ساختار فضایی داده‌های بارش حاکی از قرارگیری بارش خوشه‌ای با ارزش پایین - پایین بارش در قسمت‌های غرب، جنوب و جنوب غرب منطقه و مجاور با آب‌های نیلگون خلیج فارس هستند. مرکزهای میانگین و بیضوی‌های استاندارد نیز بخوبی نشان می‌دهد که گرانیگاه (ثقل) بارش درمحدوده‌های پربارش و در مسیر اصلی سامانه‌های ورودی بارش واقع هستند.

با توجه به اینکه بارش در فصل بهار در منطقه مورد مطالعه روبه کاهش می‌گذارد، جابجایی مراکز میانگین و بیضوی‌های استاندارد؛ اندکی به سمت جنوب حوضه متمایل می‌شود. همانگونه که از نقشه‌های بارش کل دوره و دهه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ در ماه‌های فصل بهار مشاهده می‌شود، الگوهای فضایی داده‌های بارش به سمت مناطق کم‌بارش‌تر سوق پیدا می‌کند. با این وجود می‌توان نتیجه گرفت که در کل دوره و دهه‌های مربوط بارش در طول زمان و مکان در هر یک از ماه‌های فصل سال در مکان اصلی خود واقع بوده و از یک ساختار فضایی با الگوی خوشه‌ای بارش بیشینه و کمینه در مکان مورد مطالعه توزیع شده است. ذکر این نکته نیز لازم است که محدوده‌های وسیعی از منطقه مورد مطالعه دارای ساختار تصادفی بارش است.لذا از آنجا که تاکنون تحقیقی در زمینه آمار مکانی و بررسی وضعیت بارش از حیث فضایی در حوضه‌های آبریز مند و حله صورت نگرفته است، می‌توان از دستاوردهای این روش‌ها بعنوان راهکاری مناسب در بررسی تغییرات عناصر اقلیمی استفاده نمود.

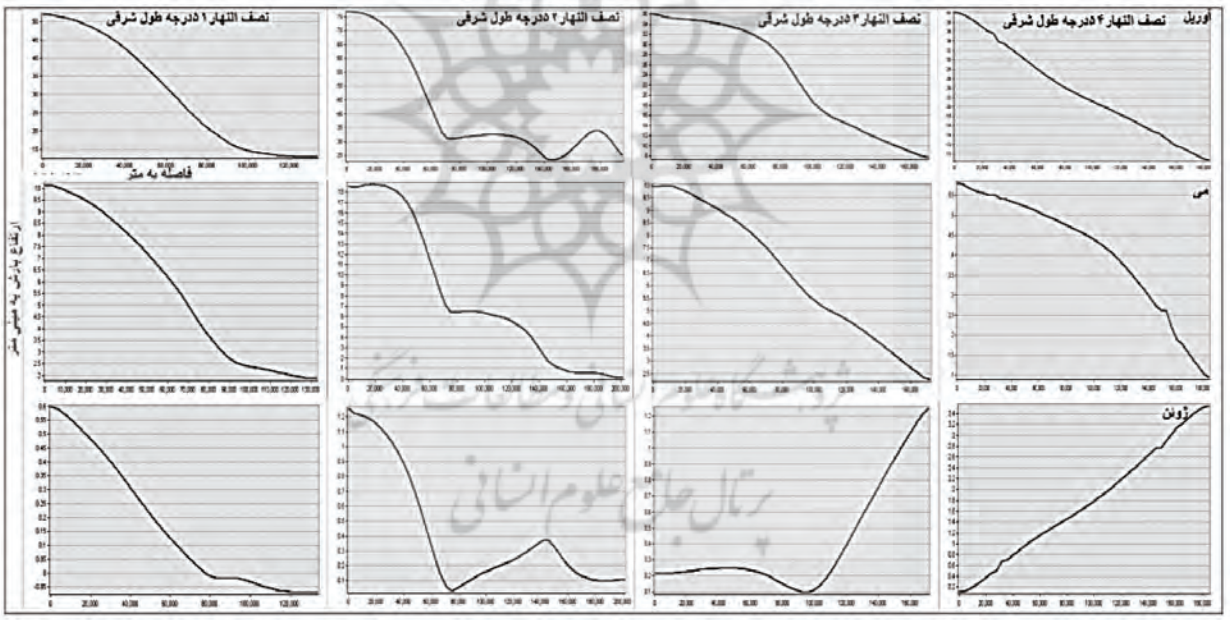
در طول ماههای فصل بهار مراکز بیشینه بارش عمدتاً در بخش های میانی و به سمت ارتفاعات در شمال شرق حوضه کشیده می‌شود و همانند فصل زمستان در ارتفاعات به ویژه ارتفاعاتی که در محدوده زاگرس فارس واقع شده است،متمرکز است. چنان‌که در نگاره ٦ و نیز در نیمرخ‌های بارش ارائه‌شده در نگاره‌های ۷ و ۸ نمایان است، توزیع مکانی بارش در بخش شرقی به‌ویژه در ماه آوریل متعادل‌تر و به سمت بخش غربی نامتعادل‌تر است. عدم تعادل



نگاره ٦.توزیع زمانی - فضایی مرکز میانگین و بیضی استاندار و بارش خوشه‌ای ماهانه در فصل بهار



نگاره ۷: نیمرخ بارش ماهانه فصل بهار در سه مدار منتخب (از غرب به شرق حوضه)



نگاره ۸: نیمرخ بارش ماهانه فصل بهار در چهار نصف النهار منتخب(از شمال به جنوب حوضه)

بارندگی در بخش‌های غربی در انتهای بهار (ماه ژوئن) به نفع بخش‌های جنوب و جنوب شرقی حوضه است. بررسی نیمرخ‌های مربوط به بارش بهاری در راستای نصف‌النهار و مدارات نیز حکایت از انطباق و تأثیرپذیری بارش از ارتفاع در بخش میانی و شرقی پهنه دارد. اما در طی آخرین ماه فصل بهار یعنی ماه ژوئن، تأثیر عامل ارتفاع بر بارش کاهش‌یافته است. همچنان که در نیمرخ بارش مدار ۲۸ و ۲۹ درجه شمالی و نصف‌النهار ۵۳ و ۵٤ درجه نمایان است اوج بارش این ماه به سمت عرض‌های جنوب شرق حوضه کشیده شده است و یک عدم تعادل بین بارش بخش‌های شمالی و جنوبی در جهت نصف‌النهار و مدار نیمرخ‌های ترسیم‌شده ایجاد گردیده است.

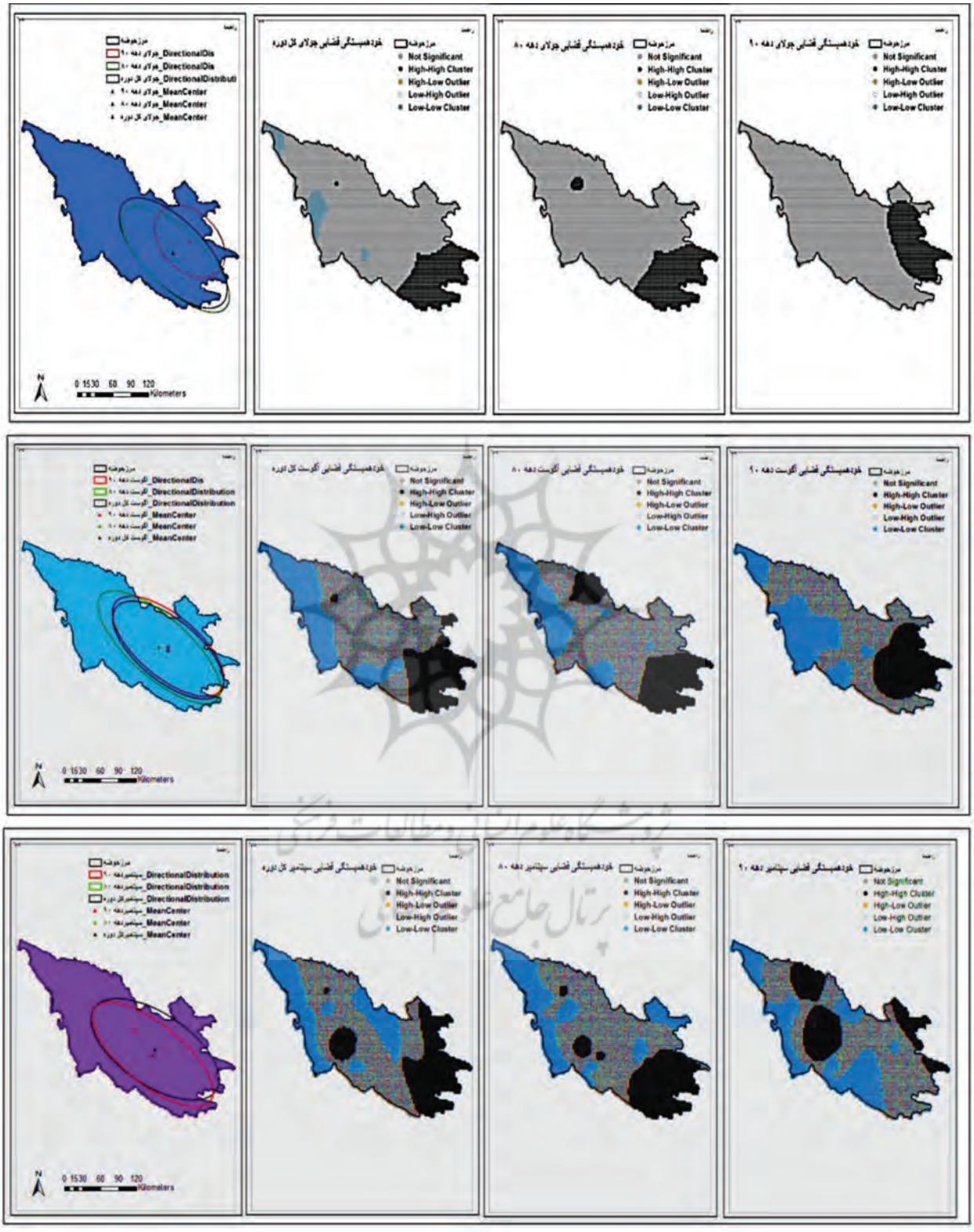
توزیع زمانی - فضایی بارش ماهانه فصل تابستان

نگاره (۹) توزیع زمانی - فضایی بارش ماه‌های فصل تابستان را نشان می‌دهد. با توجه به نگاره مربوط بخوبی مشاهده می‌شود که میانگین‌های مرکزی و بیضوی‌های استاندارد بارش و همچنین الگوهای خوشه‌ای بارش به سمت جنوب و جنوب شرق حوضه‌های آبریز مورد مطالعه جابجا شده است.به نحوی که در همه ماه‌های مورد نظربارش در قسمت جنوب شرق بیشتر بوده است. اما در ماه‌های آخر تابستان یعنی سپتامبر (شهریور) مقادیر بارش با ارزش بالا - بالا در مناطق پربارش منطقه مورد مطالعه که در شرق و شمال شرق و اندکی میانه‌های حوضه‌های آبریز مورد مطالعه است، نیز خود نمایی می‌کند. نقشه‌های مورد نظر درک و تصویر بهتری را از الگوهای فضایی داده‌های بارش نمایش می‌دهند.البته بیان ساختار مکانی بارش با استفاده از آمار مکانی وضعیتی بهتر را برای درک واقعیت تغییرات عناصر اقلیمی(بارش) ارایه می‌نماید. بطوریکه مشاهده می‌شود مرکز میانگین و بیضوی‌های استاندارد در ماه تیر منطبق بر بیشینه بارش تابستانه در جنوب و جنوب شرق واقع می‌باشد.این وضعیت را می‌توان نشانه‌ای از شرایط محلی و الگوهایی که در تابستان متأثر از شرایط سینوپتیکی مونسون‌های جنوب و جنوب شرق است،دانست(*بابایی،۱۳۹٤*). همچنین نجف پور(۱۳۹۲) نقش عوامل محلی و ناهمواری درایجاد بارش حوضه آبریز مند را بسیار اساسی ذکر کرده است. به واقع نقش عوامل محلی در مطالعه بارش و چرخه‌های نوسانی آن در حوضه‌های آبریز مند و حله در تحقیقات سلیقه و همکاران(۱۳۹٤) نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

نیمرخ‌های ارائه‌شده در نگاره‌های ۱۰ و ۱۱ نیز به‌خوبی واقعیت مذکور را نمایان ساخته است. مقایسه نیمرخ‌ها تبعیت بارش ماه‌های فصل تابستان از عامل عرض جغرافیایی را به تصویر می‌کشد. در کل بارش، شیبی افزایشی از شمال به جنوب دارد. به‌طوری‌که منطقه بیشینه بارش به سمت جنوب شرق انتقال‌یافته است و ناهمگونی بارشی در پهنه ایجاد گردیده است. این عدم تقارن خود تأییدی بر بالا بودن تغییرات مکانی بارش تابستانه در پهنه مورد مطالعه می‌باشد. نکته قابل‌توجه در بارش فصل تابستان وجود بیشینه بارش به نفع مناطق جنوب شرقی و در جانب شمال شرق حوضه در هر سه ماه فصل تابستان است که نشان‌دهنده یک تمرکز نسبتاً ضعیف‌تر نسبت به بخش جنوب شرقی است. به عبارتی با وقوع اندک بارش‌هایی در فصل تابستان در منطقه مورد مطالعه، محدوده ۲۵۰۰متر به بالا که در نقشه به‌خوبی نمایان است دارای دریافت میزان بارش تابستانه بیشتر نسبت به محدوده‌های مجاور و سایر پهنه‌ها می‌باشد. بر اساس نیمرخ نقشه‌های بارش، ماه‌های فصل تابستان گویای این واقعیت است که در هر سه ماه از فصل، میزان بارش با عرض جغرافیایی رابطه مستقیم و مثبت دارد. بیشترین تأثیر عرض جغرافیایی بر بارش ماه‌های تابستان در ماه جولای و سپتامبر قابل‌رؤیت است. همچنان که در نیمرخ‌های مربوط به بارش ماه‌های مذکور در راستای نصف‌النهار و مدارات دیده می‌شود از شمال به جنوب میزان بارش فزونی می‌یابد.

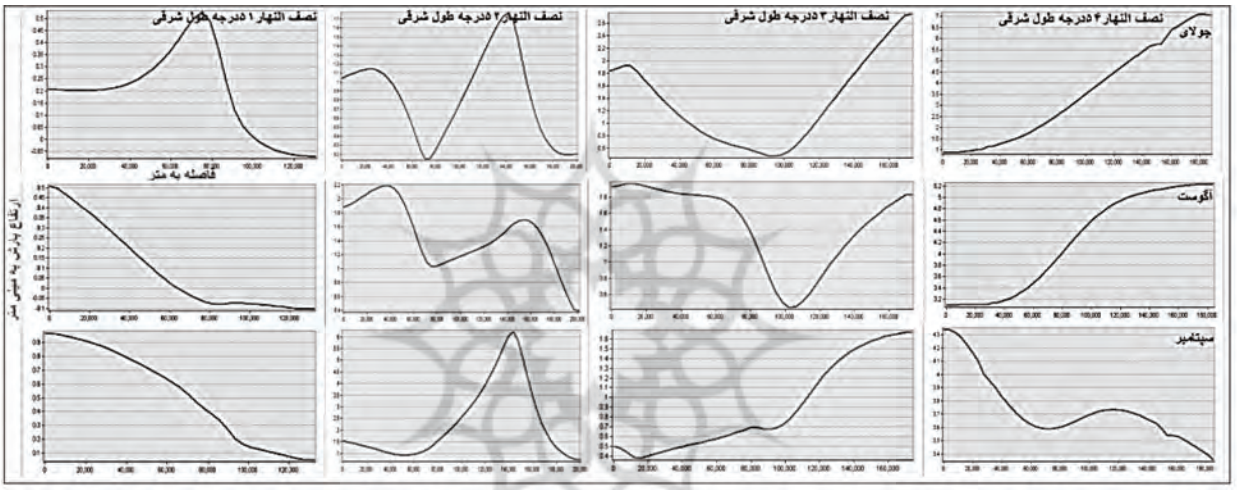
توزیع زمانی - فضایی بارش ماهانه فصل پاییز

نگاره (۱۲)،نقشه‌های حاصل از خود همبستگی فضایی و مراکز میانگین و بیضوی استاندارد در طول کل دوره آماری و ماه‌های فصل پاییز را نشان می‌دهد.همانگونه که در این نقشه‌ها ملاحظه می‌شود مرکز میانگین‌ها و بیضوی‌های استاندارد در طول دوره آماری و دهه‌های ۱۳۸۰ و۱۳۹۰ از حیث شرایط ماهانه تاحدودی دچار تغییرات مکانی می‌شوند.بطوریکه مرکز میانگین کل دوره بارشی در مرکز نقشه و همانند مرکز میانگین فصلی و دهه‌ای بارش در جایگاه اصلی خود که مجاور با مناطق پربارش است واقع شده و همچنین بیضوی استاندارد نیز که حدود ٦۸/۲٦درصد پراکندگی داده‌ها را حول و حوش میانگین مرکزی نشان می‌دهد، جهت کشیدگی از شمال غرب به جنوب شرق بخود اختصاص داده است.به واقع ماه اکتبر (مهر)در فصل پاییز دارای دگرگونی مکانی بیشتری بوده و از نظر دهه‌ای

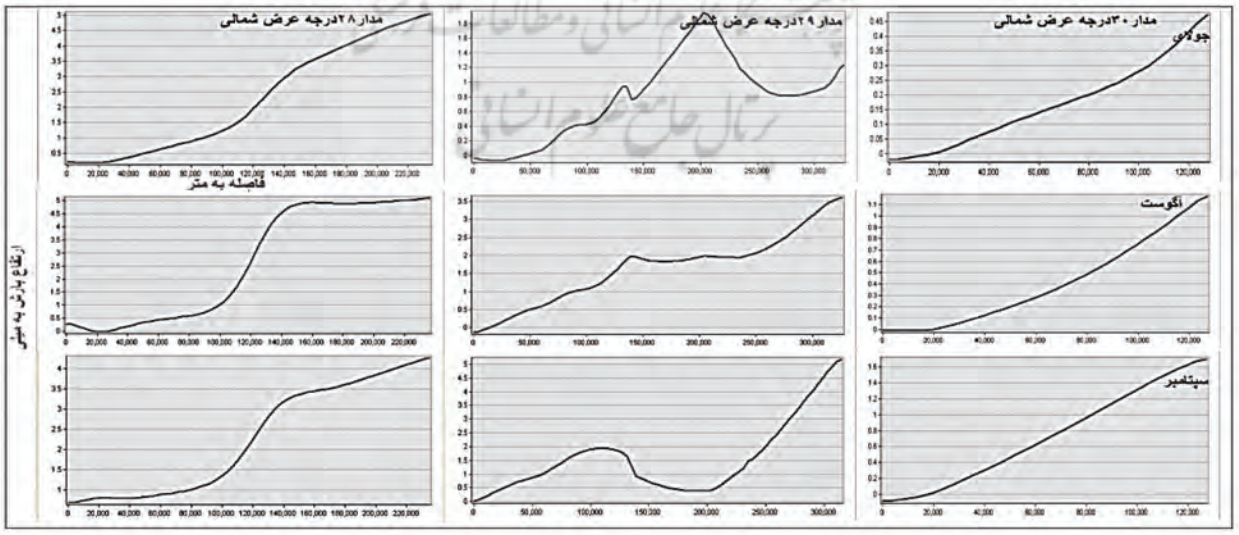


نگاره ۹. توزیع زمانی- فضایی مرکز میانگین و بیضی استاندار و بارش خوشه‌ای ماهانه در فصل تابستان

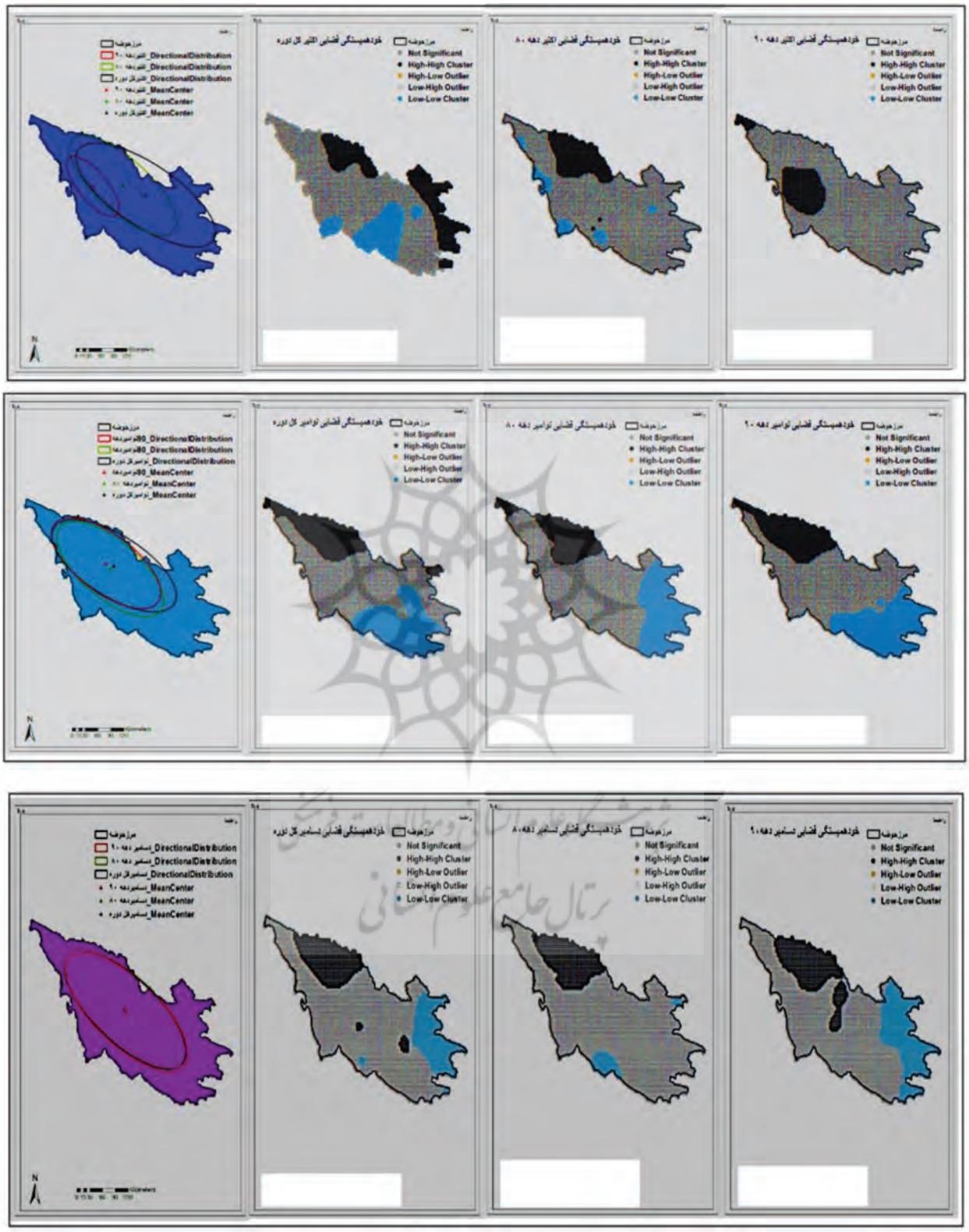
در دهه دوم داده‌های بارش به همراه مرکز ثقل (گرانیگاه) و اندازه مساحت و کشیدگی بیضوی استاندارد نسبت به ماه‌های نوامبر (آبان) و دسامبر (آذر) از مقدار جابجایی بیشتری برخوردار است. همچنان که در نیمرخ‌های نگاره‌های ۱۳ و ۱٤ آشکار گردیده، به جزء فصل تابستان در نصف‌النهار ۵۳° و ۵٤° و مدارهای ۲۸° و ۲۹° ماه‌های فصل پاییز بارش بیشتری دریافت می‌دارند که به سمت شمال و شمال شرق افزایش می‌یابد. بعد از یک دوره چهار ماهه خشکی، که از ماه ژوئن تا اواخر تابستان رؤیت شده است،فاز بارشی از ماه اکتبر آغاز می‌شود. به عبارتی می‌توان گفت تابستان واقعی طولانی تر از تابستان تقویمی است. بر اساس نیمرخ‌های ارائه شده در طی ماه سپتامبر بارش دارای عدم تعادل بین بخش‌های شمالی و جنوبی است. اما در طی اکتبر و نوامبر این عدم تعادل به نفع بخش‌های میانی، شمال شرقی و شرق حوضه و به ویژه بخش شمال شرقی بوده و میزان بارش در این بخش‌ها فزونی می‌یابد. به عبارتی جابجایی مکانی



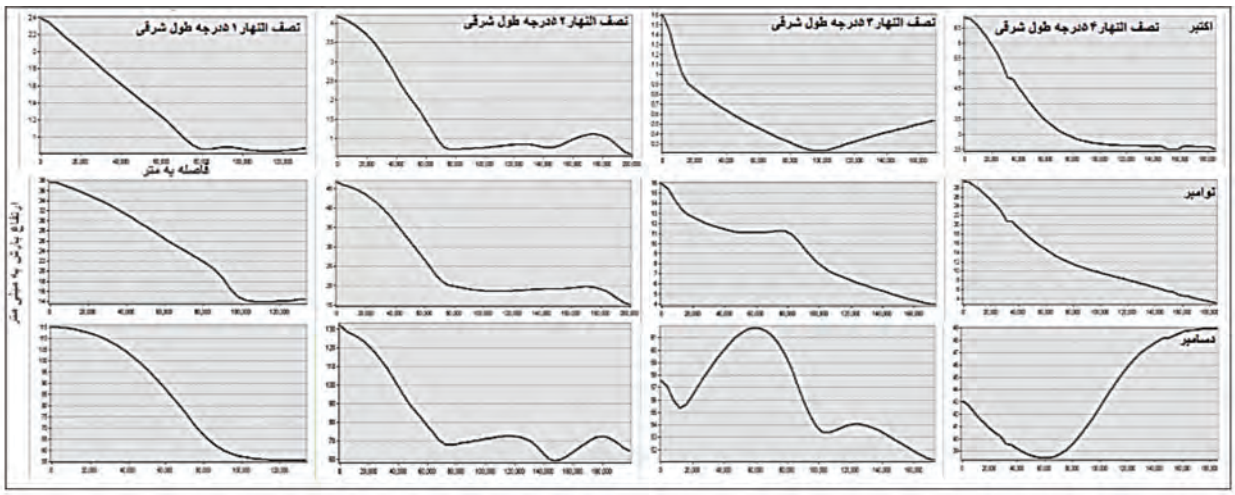
نگاره ۱۰: نیمرخ بارش ماهانه فصل تابستان در چهار نصف النهار منتخب(از شمال به جنوب حوضه)



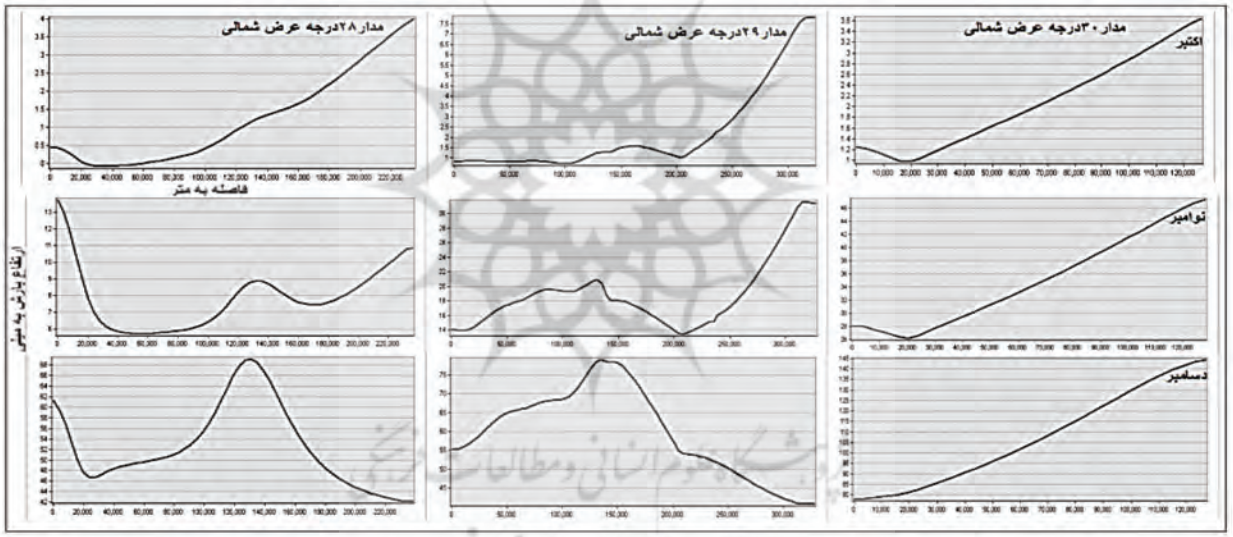
نگاره ۱۱: نیمرخ بارش ماهانه فصل تابستان در سه مدار منتخب (از غرب به شرق حوضه)



نگاره۱۲: توزیع زمانی- فضایی مرکز میانگین و بیضی استاندار و بارش خوشه‌ای ماهانه در فصل پاییز



نگاره۱۳.نیمرخ بارش ماهانه فصل پاییز در چهارنصف النهار منتخب (از شمال به جنوب حوضه)



نگاره۱٤.نیمرخ بارش ماهانه فصل پاییز در سه مدار منتخب (از غرب به شرق حوضه)

بیشینه بارش در طی این ماه‌ها اتفاق افتاده است.این در حالی است که بخش‌های غربی منطبق بر نصف‌النهار ۵۱° و ۵۲° غربی این عدم تعادل همانند سپتامبر به نفع بخش‌های شمالی است که به سمت بخش‌های مرکزی، شرقی و شمال شرقی تغییر ماهیت داده و به نفع این بخش‌ها جابجا می‌شود.

نتیجه‌گیری

کشف نظام حاکم برتغییرات مکانی رویدادهایی نظیر بارش (و هر عنصر اقلیمی دیگر)، به منظور درک فرآیندهای مرتبط با آن و برآورد الگوهای رفتاری آن از شالوده‌های کاربرد آمار فضایی در اقلیم شناسی است.نتایج حاصل از این تحقیق مشخص می‌نماید که بر اساس نیمرخ‌های ترسیم شده بر بارش ماهانه در فصول مختلف سال در امتداد نصف النهارات و مدارات بارش منطقه در مدارهای ۲۸ و ۲۹ درجه عرض شمالی از غرب به شرق حوضه دارای روند افزایشی است. در امتداد هر ٤ نصف‌النهارهای منتخب نیز در مقطع ماهانه روند بارش از شمال به جنوب حوضه کاهشی می‌باشد. البته در این راستا ازنظر بارش در

فصل تابستان این تعادل غرب به شرق و شمال به جنوب حوضه ازنظر نیمرخ و مقادیر بارش روندی افزایش در مقدار بارش از شمال به جنوب حوضه مشاهده می‌شود. به‌طوری‌که در ماه‌های جولای و آگوست مقدار بارش در جنوب شرق و جنوب حوضه نسبت به مناطق دیگر دارای مقدار بارش بیشتری می‌باشد. این وضعیت در منطقه مورد مطالعه می‌تواند ناشی از عوامل محلی و مکانی بارش در این دو حوضه آبریز مشترک باشد، بطوریکه این نتایج را می‌توان حاصل از الگوهای محلی بارش دانست. چراکه مطابق برخی از تحقیقات از جمله *(نجف پور،۱۳۸۹)* که به بررسی سیلاب حوضه آبریز مند در ارتباط با الگوهای سینوپتیکی پرداخته نیز؛ سیلاب‌ها و کانون‌های بارش را به عوامل محلی و توپوگرافی در منطقه و عرض جغرافیایی نسبت داده است.همچنین *(سلیقه و همکاران، ۱۳۹٤)* نیز بارش را نتیجه عوامل مکانی و محلی در ایستگاه‌های حوضه آبریز مند و حله می‌دانند و تفاوت در چرخه‌های سری زمانی بارش را به این عوامل نسبت داده اند.با این اوصاف تغییرات الگوی بارش در حوضه‌های آبریز مذکور و تمایل مراکز میانگین و بیضوی‌های انحراف معیار در فصول سال خصوصاً فصل تابستان می‌تواند نقش عوامل محلی و همرفتی در هماهنگی با الگوهای بارش تابستانه مونسونی را که در برخی مواقع زبانه‌های آنها به جنوب،جنوب شرق و شرق حوضه‌های مورد مطالعه وارد می‌شوند نسبت داد.به واقع نقش عوامل مکانی ازجمله طول و عرض جغرافیایی و شرایط ناهمواری در منطقه مورد نظر از اساسی ترین مواردی است که نقش بسزایی در میزان بارش دریافتی و الگوهای فضایی بارش در این مناطق دارا هستند*(بلیانی،۱۳۹٤)*. در بررسی تحلیل خودهمبستگی فضایی آماره موران محلی مشخص شد که در حوضه‌های آبریز مند و حله مراکز میانگین و بیضوی‌های استاندارد در فصول پاییز،زمستان و بهار در مرکز و متمایل به مناطق پربارش محدوده مورد مطالعه واقع هستند. اما در فصل تابستان با توجه به مراکز میانگین و همینطور بیضوی‌های انحراف استاندارد بارش رفتاری متفاوت تر به خود گرفته و نقاط ثقل بارش و بیضوی‌های آنها در فصل تابستان کل دوره آماری و دهه‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۰ بسمت جنوب و جنوب شرق متمایل شده اند. بارش‌های تابستانه اندک که در منطقه در طول فصل تابستان حاصل می‌شود گرانی‌گاه و بیضوی‌های انحراف استاندارد را به سمت محدوده‌های بیان شده سوق داده است. تحلیل‌های فضایی برروی بارش ماه‌های مختلف سال نیز نشان می‌دهد که خوشه‌های بالا - بالای بارش در اکثر ماه‌ها به جز دوماه از فصل تابستان (جولای و آگوست) در قسمت شرق و شمال شرق منطقه واقع شده، و خوشه‌های پایین - پایین بارش نیز در بخش‌های غرب، جنوب و جنوب غرب حوضه‌های مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. مراکز ثقل بارش و همچنین بیضوی‌های استاندارد بارش در ماه‌های سال با توجه به توزیع رژیم بارش در طول سال در مقطع ماهانه ودر دو دهه اخیر در یک موقعیت فضایی واقع هستند. تغییرات اندک مراکز میانگین و تغییر کشیدگی بیضوی استاندارد بارش فصلی،دهه‌ای و ماهانه در دهه ۱۳۸۰و۱۳۹۰ نیز چندان چشمگیر نبودند. بطوریکه می‌توان اذعان نمود، الگوهای کلان مقیاس در منطقه مورد مطالعه و همچنین شرایط محلی که بسیار تأثیرگذار برروی بارش هستند، در طول زمان دچار تغییرات اساسی نشده اند.با این اوصاف می‌توان عنوان کردکه نقش عوامل مکانی و محلی از جمله موقعیت حوضه‌های مذکور و شرایط ناهمواری نقش اساسی در مکانیزم بارش در دو حوضه آبریز مند و حله ایفا می‌کنند.

منابع و مآخذ

۱- بلیانی، سعید (۱۳۹٤). تحلیل آماری، سینوپتیکی تغییرات رژیم بارش منطقه شمالی خلیج فارس مطالعه موردی: حوضه‌های آبریز مند و حله، رساله دکترای آب و هواشناسی در برنامه ریزی محیطی،دانشکده علوم جغرافیایی، گروه جغرافیا (آب و هواشناسی)، دانشگاه خوارزمی تهران.
۲- بلیانی، حکیم دوست، یدالله و یاسر (۱۳۹۳). اصول و مبانی پردازش داده‌های مکانی فضایی با استفاده از روش‌های

تحلیل فضایی، تهران: انتشارات آزادپیما.
۳- بلیانی، خسروانی، سلیمی و جوکار؛ یدالله، وحید، سعدون و اسماعیل، (۱۳۹۳). مدل سازی روابط مکانی - فضایی بارش سالانه خوزستان رویکردی از تکنیک‌های تحلیل آمار فضایی، کنفرانس توسعه پایدار، استراتژی و چالش‌ها، دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
٤- اطمینان؛ جلال ۱۳۸۵، پیش‌گویی فضایی سطح آب حوزه آبریز دشت بیرجند به روش کریگیدن ، هشتمین کنفرانس بین‌المللی آمار ایران .
۵- خسروی، یونس، (۱۳۹٤). تحلیل فضایی فشار بخار آب و بررسی سینوپتیکی ناهنجاری‌های آن در جنوب و جنوبغرب ایران»، رساله دکتری آب و هواشناسی در برنامه ریزی محیطی، دانشکده علوم زمین،گروه جغرافیا، دانشگاه شهید بهشتی.
٦- رضیئی و عزیزی؛ طیب و قاسم، ۱۳۸۷، بررسی توزیع مکانی بارندگی فصلی و سالانه در غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ٦۵.
۷- سلیقه، عساکره و ناصرزاده؛ محمد، حسین، محمدحسین (۱۳۹٤). تحلیل روند و چرخه‌های سری زمانی بارش سالانه حوضه‌های آبریز مند وحله،مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره۱۵، شماره۳۷، صص۲٤۵-۲۷۲.
۸- شفیعی، علی اصغر، ۱۳۸۷، پیش گویی فضایی - زمانی سطح آب‌های زیر زمینی در دشت بیرجند، نهمین کنفرانس بین المللی آمار ایران.
۹- صادقی‌نیا، علیجانی، ضیائیان و خالدی؛ علیرضا، بهلول، پرویز و شهریار، ۱۳۹۲، کاربرد تکنیک‌های خودهمبستگی فضایی در تحلیل جزیره حرارتی شهر تهران، مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره۳۰، صص۹۰-٦۷.
۱۰- عساکره، سیفی پور؛ حسین و زهره ۱۳۹۱، مدل سازی مکانی بارش سالانه‌ی ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره۲۹، صص۳۰ - ۱۵.
۱۱- علیجانی، بهلول، ۱۳۷۳، نقش کوه‌های البرز در توزیع ارتفاعی بارش، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره۳۸.
۱۲- غیور و مسعودیان؛ حسنعلی و ابوالفضل، ۱۳۷۵، بررسی مکانی رابطه بارندگی با ارتفاع در ایران زمین،فصلنامه تحقیقات جغرافیایی،شماره ٤۱.
۱۳- مردای، حمیدرضا، ۱۳۸۳، نقش دریای خزر در شرایط بارشی سواحل شمال کشور،مجله علوم دریایی ایران، دوره ۲، شماره ۲ و۳.
۱٤- نجف پور، بهرام (۱۳۹۲)، تعیین کانون بارش حوضه آبریزمند، مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره۹۸، صص۱٤۳-۱۵۷.
۱۵- یعقوبیان، ایوب، ۱۳۸۷، پیشگویی بارندگی در استان همدان براساس داده‌های فضایی، نهمین کنفرانس بین‌المللی آمار ایران.
16- Alijani Bohloul (2008). Effect of Zagros mountain on the spatial distribution of precipitation, Journal of Mountain sciences, 5.
17- Alijani, B., Bayat.,A.,Y .,Balyani., Doostkamian .,M and Javanmard,A.2013. Spatial Analysis of Annual Precipitation of Iran;Second International Conference On Envirenmental Hazard.,kharazmi University – Tehran,Oct29&30.
18- Anselin, L. (1999). Spatial Econometrics: Methods and Models. Dordrecht: Kluwer Academic.
19- Anselin, L. (2005). Exploring spatial data with GeoDaTM: A Workbook,University of Illinois, rbana-Champaign Urbana, IL 61801.
20- Bird, R.M. (2001) Substantial Revenues: Realities and Prospects, Working paper, Washington,D.C.; World Bank Institute.
21- Glazirin G. E (1997). Precipitation distribution with altitude,Theoretical and applied Climatology, 58.
22- Ranhao Sun, Baiping Zhang and Jing Tan(2008). A multivariate Regression Model for predicting precipitation in the Daqing mountains, Mountain Research and Development. 28.
23- Singh Pratap, Kumar Naresh (1997). Effect of orography on precipitation in the western Himalayan region", Journal of Hydrology, 199.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی