

## ارزیابی الگوهای بارشی استان خراسان رضوی با استفاده روش‌های نوین آمار فضایی

مختار کرمی<sup>۱</sup>، عباسعلی داداشی روباری<sup>۲</sup>

۱- استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی، دانشگاه حکیم سبزواری

### چکیده

بارش متغیرترین عنصر اقلیمی است. این تغییرات هم در بعد مکان و هم در بعد زمان در قالب اقلیم منطقه رخ می‌هد. هدف از این مطالعه ارزیابی خودهمبستگی فضایی بارش استان خراسان رضوی می‌باشد. بدین منظور از داده‌های بارش ۱۲ ایستگاه همدید استان خراسان رضوی استفاده شده است. به منظور دست‌یابی به تغییرات فصلی بارش استان خراسان رضوی از روش‌های آمار فضایی مانند خودهمبستگی فضایی شاخص موران جهانی، شاخص انسلین محلی موران، تحلیل خوشة و نا خوشة (Hot Spot) با استفاده از امکانات برنامه‌نویسی در محیط MATLAB و GIS ARC با استفاده از Clusters/Outliers (Clusters/Outliers) و لکه داغ (Hot Spot) می‌باشد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بارش در استان خراسان رضوی دارای الگوی خوشة‌ای بالا می‌باشد. بر اساس شاخص موران محلی و لکه داغ، بارش در بخش‌های مرکزی، شمال غرب و شمال استان دارای الگوی خودهمبستگی فضایی مثبت (خوشه‌های بارش بالا) این گروه از الگوی‌های بارشی مجموعاً در سطوح ۳ گانه ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد، مساحتی معادل ۲۵ درصد از مناطق استان را تشکیل داده‌اند. نواحی جنوبی دارای خودهمبستگی فضایی منفی (خوشه‌های بارش بالا) (مجموعاً مساحتی ۱۸ درصد) از کل استان بوده است. در سایر مناطق استان که شامل ۵۷ درصد می‌باشد بارش هیچ‌گونه الگوی معنی‌داری را نشان نداده است.

**واژه‌های کلیدی:** آمار فضایی، الگوی بارش، خراسان رضوی، خودهمبستگی فضایی، شاخص موران، لکه‌های داغ.

## Evaluation of Rain Patterns in Khorasan Razavi Province Using Spatial Statistical Modern Methods

Mokhtar Karami<sup>1\*</sup>, Abbasali Dadashi Rudbari<sup>2</sup>

1-Assistant Professor Climatology, Hakim Sabzevari University

2-MSc Student of Applied Climatology, Hakim Sabzevari University

### Abstract

Rainfall is the most variable climatic element. These changes both in space and in time, occur in the regional climate. The purpose of this study is to evaluate the spatial autocorrelation of precipitation in Khorasan Razavi province. For this purpose, data of precipitation of 12 synoptic stations in Khorasan Razavi is used. In order to achieve changes in seasonal precipitation in Khorasan Razavi, spatial statistical methods such as spatial autocorrelation index global Moran, Moran local Anslyn index, cluster and non-cluster analysis (Clusters / Outliers) and hot spots (Hot Spot) are used using programming facilities in MATLAB and ARC GIS. The results showed that rainfall in Khorasan Razavi province has high clustering pattern. According to the local Moran index and hot spots, rainfall in parts of central, no western north and north have positive spatial autocorrelation patterns (clusters of high rainfall value). This pattern of rainfall of 90%, 95% and 99% levels cover totally 25% of the areas of the province. Southern regions have negative spatial autocorrelation (clusters of low rainfall value) (totally an area equal to 18%) from the entire province. The rainfall including 57 percent of the province has not shown any significant pattern in other areas of the province.

**Keywords:** Spatial Statistics, rainfall pattern, Khorasan Razavi, spatial autocorrelation, Moran Index, hot spots.

\* Corresponding Author's E-mail (M.Karami08@yahoo.co.uk)



## الف- مقدمه

تنوع در زمینه های کاربردی، تحول در حجم و پیچیدگی تحلیل داده ها در کنار پیشرفت های اساسی در مدل های آماری، روش نوین محاسباتی و قابلیت های رایانه ای پیشرفت ه استفاده از مدل های پیچیده تر اما دقیق تر را به همراه داشته اند. در مطالعات محیطی غالباً با مشاهداتی سروکار داریم که مستقل از یکدیگر نیستند و نوعاً وابستگی آنها ناشی از موقعیت و مکان قرار گرفتن مشاهدات در فضای موردمطالعه می باشد. این مشاهدات داده های فضایی نامیده می شوند (Moller, 2008). به دلیل وجود همبستگی فضایی بین این داده ها، روش های معمول آماری نمی تواند روشی بهنجار برای واکاوی چنین داده هایی تلقی گردد (Ripley, 2005). از این رو لازم است به نحوی ساختار همبستگی داده ها در تحلیل آنها لحاظ گردد (Kendall, 1998). بدین منظور آمار فضایی به عنوان گزینه ای مناسب، برای تحلیل این داده ها می تواند مورد بررسی قرار گیرد. آمار فضایی برای انواع متنوع آنالیزها، شامل آنالیز الگو، آنالیز شکل، مدل سازی سطح، برآورد سطح، رگرسیون Wade (& Sommer, 2006) اولین بار توجه به داده های فضایی در سال ۱۶۸۶ توسط هالی (Halley) جغرافیدان و ستاره شناس انجلیسی صورت پذیرفته است. وی برای وزش بادهای موسمی نقشه ای تهیه کرد که در آن مسیر حرکت بادهای موسمی را روی زمین های کشاورزی در نزدیکی نواحی گرم سیر استوایی نشان می داد. (Journel & Huijbregts, 1978). در آمار فضایی متغیر موردادندازه گیری ممکن است گستته یا پیوسته و موقعیت یا مکان مشاهدات نیز ممکن است پیوسته، گستته، نقطه ای، ناحیه ای منظم یا نامنظم باشد. با توجه گسترش علوم این امکان ایجاد شده است تا با استفاده از روش های مختلف رفتار این پدیده ها را مدل سازی نمود. در مدل سازی مکانی، تغییرات را می توان به طور کلی به دو عامل ساختار میانگین و ساختار وابستگی مکانی نسبت داد (Diffenbaugh et al, 2007) که تغییرات ناشی از اثر متغیرهای توضیحی در ساختار میانگین و تغییراتی که صرفاً ناشی از وابستگی مکان هستند، در ساختار وابستگی مکانی مدل سازی کرد. به طور کلی مدل مکانی تغییر داده ها به صورت زیر مورد ارزیابی قرار می دهد:

### تغییرات ناشی از وابستگی مکانی + تغییرات ناشی از ساختار میانگین = تغییرات داده ها

بارش یکی از مهم ترین فاکتورهای اقلیمی است (Obot et al. 2010). افزایش و کاهش مقدار بارندگی و تغییر توزیع مکانی و زمانی آن تأثیر عمده ای بر مقدار رواناب، رطوبت خاک، منابع آب های زیرزمینی و بروز خشک سالی، سیل و منابع غذایی خواهد داشت (Tripathi and Sharda, 2011). تغییر اقلیم (IPCC, 2007) در طول چند سال اخیر به عنوان یکی از مهم ترین موضوعات زیست محیطی در محاذل مختلف مطرح گردیده است (Coppola and Giorgi, 2005; Kumar and Jain, 2010). در اثر تغییرات الگوهای بارشی در آینده ای نه چندان دور شاهد افزایش خشک سالی های منطقه ای، خشک شدن رودها و

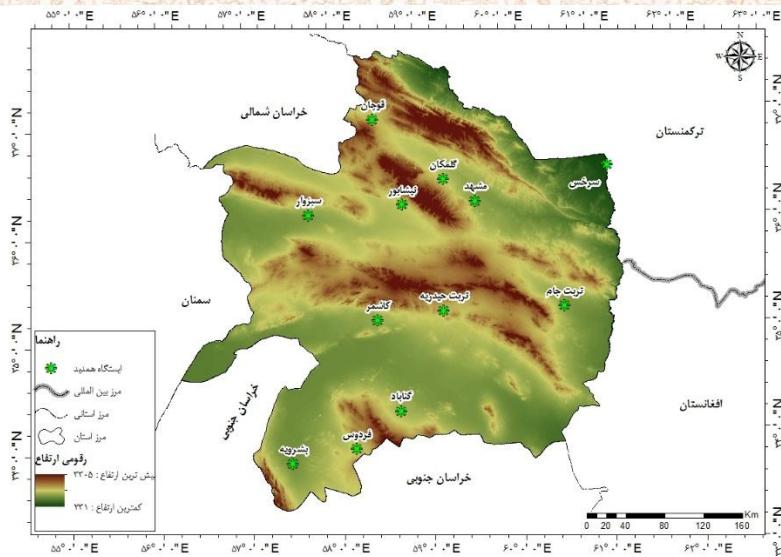
دریاچه‌ها و کاهش ذخایر منابع آب‌های زیرزمینی خواهیم بود (olofintoye and Adeyemo, 2011). هر متغیر اقلیمی تا یک حداکثر فاصله معین با نمونه‌های اطراف خود ارتباط فضایی دارد. این فاصله حداکثر که دامنه تأثیر نامیده می‌شود، دارای اهمیت فراوانی بوده و در حقیقت نشان‌دهنده فاصله‌ای است که در آن می‌توان خودهمبستگی فضایی داده‌ها را تشخیص داد؛ زیرا داده‌های مربوط به یک کمیت معین در جامعه نمونه‌های برداشت شده، مستقل از واقعیت فضایی خود تغییر می‌کنند؛ بنابراین خودهمبستگی فضایی نقش بسزایی در آشکارسازی تغییرات عناصر اقلیمی و خصوصاً الگوی بارشی دارد. در آمار فضایی گاهی با مواردی مواجه هستیم که داده‌ها نامتقارن و دارای چولگی هستند مانند داده‌های بارندگی (Kim and Mallic, 2004) (Jayawarden, et al., 2005; Parta and Kahya, 2006; wing et al., 2008; Obot et al., 2010; Kumar and Jain, 2010; olofintoye and adeyemo, 2011; Manikandan and Tamilmani, 2012 اشاره کرد).

## ب- مواد و روش‌ها

در این پژوهش از آمار مشترک و همگن ۱۲ ایستگاه همدید استان خراسان رضوی با دوره آماری ۲۲ ساله (۱۹۹۰-۲۰۱۲) استفاده شده است. پراکنش فضایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است. برای بررسی همگنی داده‌های بارش سالانه ایستگاه‌ها از آزمون جرم مضاعف در محیط نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. داده‌های اقلیمی عموماً به صورت گسسته در یک نقطه یعنی ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شوند، در حالی که ما غالباً نیازمند اطلاعات اقلیمی در یک پهنه هستیم. ماهیت نقطه‌ای دیده‌بانی‌های اقلیمی سبب می‌شود هر چه تعداد ایستگاه‌ها را افزایش دهیم، باز هم انتساب نتایجی که از تجزیه و تحلیل داده‌های ایستگاهی به دست می‌آید، به تمامی یک پهنه درست نباشد. این مسئله مخصوصاً در مواردی که تغییرات مکانی عناصر اقلیمی زیاد است، این دشواری بارزتر است. بدین منظور یک توری با یاخته‌های مناسب بر روی پهنه مورد مطالعه گسترانیده و مقدار عنصر اقلیمی در گره‌گاهها برآورده می‌شود. این برآوردها که تمامی پهنه را می‌پوشانند، از این‌پس مبنای همه داوری‌ها درباره اقلیم پهنه است و در نهایت از داده‌های ایستگاه‌ها به عنوان شاهد برای ارزیابی درجه‌ی قطعیت نتایج تحلیل‌ها استفاده می‌شود. در این پژوهش داده‌های ایستگاهی با استفاده از روش میانیابی کریجینگ در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.2.2 به داده‌های پهنه‌ای با یاخته‌هایی به ابعاد  $4 \times 4$  کیلومتر تعمیم داده شد. سپس با استفاده از قابلیت‌های برنامه‌نویسی نرم‌افزار MATLAB الگوی‌های مورد مطالعه برنامه‌نویسی و اجراسده و خروجی‌های حاصل از برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.2.2 به نقشه الگوهای بارشی تبدیل شدند.

سومین بیالش میان المللی سازه های سحاب آکمی میران  
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۱۳۹۴ بهمن ۳۰ و ۲۹



شکل ۱- موقعیت منطقه و ایستگاه های همدید مورد مطالعه

تحلیل الگو در مطالعات مکانی برای فهم الگوهای روندهای کلی موجود در داده های فضایی مورد استفاده قرار می گیرد. در دهه های اخیر سناریوهای مختلفی در خصوص تحلیل الگوهای داده فضایی در آمار فضایی بسط داده شده است. بدین منظور می توان از شاخص جهانی Moran که به Global Moran معروف است؛ اشاره نمود. این آماره فضایی عددی را به دست می دهد (نمره استاندارد یا Z-Score) که با استفاده از آن می توان درجه پخش بودن و یا مرکز بودن عوارض و یا داده های فضایی در فضا اندازه گیری نمود (Getis & Ord, 1992; Levine, 1996; Mitchel, 2008; Illian et al. 2008; Wheeler, 2009). در طی روند محاسباتی آماره یا شاخص Moran (Moran) ابتدا امتیاز استاندارد Z و P-value محاسبه شد و سپس به ارزیابی و معنادار بودن شاخص پرداخته شده است. شاخص Moran برای خود همبستگی فضایی به صورت رابطه (۱) محاسبه شده است. در رابطه (۱)  $Z_i$  تفاضل بین مقدار خصیصه عارضه  $A$  با میانگین آن ( $X_i - \bar{X}$ ) هست.  $w_{ij}$  و وزن های بین عارضه  $A$  و  $J$  می باشد،  $n$  تعداد کل عوارض جغرافیایی موجود در لایه مورد استفاده می باشد و  $S_0$  جمع کل وزن های فضایی می باشد که بر اساس رابطه (۲) محاسبه شده است.

$$I = \frac{n}{S_0} \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{\sum_{i=1}^n z_i^2} \quad (1)$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} \quad (2)$$

امتیاز  $Z_i$  استاندارد برای آماره Moran از طریق رابطه (۳) به طور جداگانه محاسبه شده است و سپس در رابطه ۱ قرار داده شده است.

$$z_1 = \frac{i - E[I]}{\sqrt{V[I]}} \quad (3)$$

$$E[I] = -1/(nI) \quad (4)$$

$$V[I] = E[I^2] - E[I]^2 \quad (5)$$

اگر مقدار شاخص موران نزدیک عدد مثبت یک (۱) باشد داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوش‌های بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد منفی یک (۱-) باشد، آنگاه داده‌ها از هم گستته و پراکنده می‌باشند. البته باید در نظر داشت که این مقدار هم از نظر آماری معنادار می‌باشد. تحلیل خوش و ناخوش که به شاخص انسلین محلی موران (Anselin Local Moran's I) نیز شناخته می‌شود الگویی بهینه برای نمایش توزیع آماری پدیده‌ها در فضا می‌باشد (Anselin, 1995; Ord & Getis, 1995; Anselin et al., 2009). برای تحلیل خوش و ناخوش برای هر عارضه موجود در لایه مقدار موران محلی، امتیاز Z و P-value که بیانگر معناداری شاخص بدست آمده می‌باشد، محاسبه شده است. آماره محلی موران I بر اساس رابطه (۶) محاسبه شده است. در رابطه (۶)،  $X_i$  خصیصه عارضه i و  $\bar{x}$  میانگین خصیصه مربوطه و وزن فضایی بین عارضه i و j می‌باشد.

$$I_i = \frac{\bar{x}_i - \bar{x}}{S_i^2} \sum_{j=1, j \neq i}^n w_{i,j} w_{j,i} (x_j - \bar{x}) \quad (6)$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n w_{ij}}{n-1} - \bar{x}^2 \quad (7)$$

در رابطه (۷)، n برابر با تعداد کل عارضه‌های است. امتیاز استاندارد ZIi به صورت زیر محاسبه شده است.

$$Z_{I_i} = \frac{I_i}{\sqrt{V[I_i]}} \quad (8)$$

$$E_{I_i} = -\frac{\sum_{j=1, j \neq i}^n}{n-1} \quad (9)$$

$$V[I_i] = E[I_i^2] - E[I_i]^2 \quad (10)$$

تحلیل لکه‌های داغ (Hot Spot Analysis) از آماره گتیس-آرد جی (Getis-OrdGi) را برای کلیه عارضه‌ای موجود در داده‌ها استفاده می‌کند (Rogerson, 2006). امتیاز Z محاسبه شده نشان می‌دهد که در کجاها داده‌ها مقادیر زیاد و یا کم خوشبندی شده‌اند. چهارچوب مفهومی این تحلیل این‌گونه عمل کند که اگر عارضه‌ای مقدار بالا داشته باشد جالب و مهم است؛ ولی این قاعده‌ای به این معنی نیست که یک لکه داغ باشد. عارضه‌ای لکه داغ تلقی می‌شود که هم خود عارضه و هم



عارضه همسایه آن از نظر آماری معنادار باشد؛ و امتیاز  $Z$  برای خروجی نهایی زمانی به دست خواهد آمد که جمع محلی

(Local sum) عارضه و همسایه آن به طور نسبی با جمع کل عارضه‌ها مقایسه گردد.

آماره گتیس-آرد جی (Getis-OrdGi) به صورت رابطه (۱۱) محاسبه شده است.

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} - x \overline{\sum_{i=1}^n w_{i,j}}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^n w_{i,j}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2]}{n-1}}} \quad (11)$$

در رابطه (۱۲)  $X_j$  مقدار خصیصه برای عارضه  $i$  و  $j$  و  $n$  برابر با تعداد کل عارضه‌ها می‌باشد.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad (12)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - (\bar{x})^2} \quad (13)$$

با توجه به اینکه  $G_i^*$  خود نوعی امتیاز  $Z$  محسوب می‌شود از محاسبه دوباره  $Z$  پرهیز شده است.

## ج- نتایج و بحث

خروچی آماره Moran's I در جدول شماره (۱) و پراکنش آن در شکل (۲) نمایش داده شده است. بر این اساس اگر مقدار شاخص موران محاسبه شده به عدد مثبت (+) نزدیک باشد داده دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشبندی بوده و اگر مقدار شاخص موران محاسبه شده به عدد منفی (-) نزدیک باشد، آنگاه داده‌ها از هم‌گسسته و پراکنده می‌باشند. البته این مقدار منفی هم از نظر آماری معنادار می‌باشد. در آماره موران فرضیه صفر این‌گونه بیان می‌گردد که هیچ نوع خوشبندی فضایی بین مقادیر خصیصه مرتبط با عوارض جغرافیایی موردنظر وجود ندارد؛ و اگر  $p$ -value محاسبه شده بسیار کوچک و مقدار  $z$ -score محاسبه شده (قدر مطلق آن) بسیار بزرگ باشد (خارج از محدوده اطمینان قرار گیرد)، آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد.

جدول ۱- خروچی آماره Moran's جهانی برای بارش سالانه خراسان رضوی

شاخص موران موردنظر	شاخص موران موران	واریانس	آستانه اندازه‌گیری	روش اندازه‌گیری	مفهوم‌سازی رابطه فضایی	$p$ -value	$z$ -score
-۰/۰۰۰۱۲۶	۰/۹۸۱۳۴۰	۰/۰۰۰۰۶۵	۰/۰۴۰۰	متر	INVERSE_DISTANCE SQUARED	.	۱۲۲/۲۰۲۵۴۲



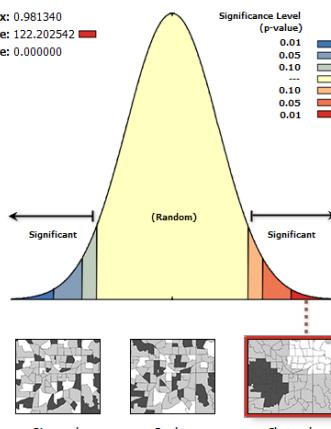
February 18-19, 2015 Birjand, Iran

و ۲۹ بهمن ماه ۱۳۹۴ سال در ایران برگزار شد

Moran's Index: 0.981340  
z-score: 122.202542  
p-value: 0.000000

Significance Level  
(p-value)

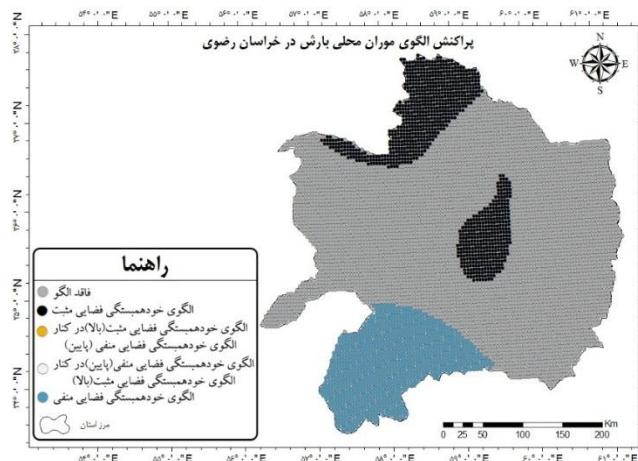
p-value	(z-score)
0.01	< -2.58
0.05	-2.58 - -1.96
0.10	-1.96 - -1.65
...	-1.65 - -1.65
0.10	1.65 - 1.65
0.05	1.65 - 2.58
0.01	> 2.58



شکل ۲- نتایج حاصل از پراکنش الگوی موران جهانی برای بارش سالانه خراسان رضوی

اگر مقدار شاخص محاسبه شده بزرگتر از صفر باشد، داده ها نوعی خوشبندی فضایی را نشان می دهند و اگر مقدار شاخص کمتر از صفر باشد عوارض موردمطالعه دارای الگوی پراکنده می باشند. همان طوری که در جدول شماره ۱ و شکل شماره ۲ مشاهده می شود مقدار شاخص موران جهانی بارش سالانه در خراسان رضوی بالای ۰/۹۸ می باشد. این نکته نشان دهنده این امر می باشد که بر اساس شاخص موران جهانی، بارش در استان خراسان رضوی در دوره موردمطالعه (۱۹۹۰-۲۰۱۲) از الگوی خوشبندی بالا در سطح ۹۵ تا ۹۹ درصد تبعیت می کند. آماره Z نیز برای دوره موردمطالعه، بالا و ۱۲۲ محاسبه شده است؛ بنابراین در مجموع بر اساس شاخص موران جهانی می توان استباط نمود که تغییرات فصلی بارش استان خراسان رضوی از الگوی خوشبندی بالا تبعیت می کند. پس با توجه به بالا بودن مقدار Z و پایین بودن مقدار p-value می توان فرضیه عدم وجود خودهمبستگی فضایی بین داده های بارش را در استان خراسان رضوی رد نمود. همان طور که مشاهده شد خودهمبستگی فضایی موران جهانی فقط نوع را مشخص می کند. به همین دلیل برای نشان دادن توزیع فضایی الگوی حاکم بر توزیع بارش در استان خراسان رضوی، از الگوی موران محلی استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحلیل نشان می دهد که آیا عوارض به صورت تصادفی، پراکنده و یا خوشبندی در فضا توزیع شده اند. اگر مقدار I محاسبه شده مثبت باشد، بدین معناست که عارضه موردنظر، توسط عوارض مشابه خود احاطه شده اند. بنابراین عارضه موردنظر بخشی از آن خوشبندی است. اگر مقدار I محاسبه شده منفی باشد، به معنای آن است که عارضه موردنظر توسط عوارضی نامشابه محاصره شده است. این نوع عارضه در حقیقت تکданه یا ناخوش نامیده می شود. این شاخص در چارچوب امتیاز استاندارد محاسبه شده و p-value قابل تفسیر و تحلیل است. در آماره محاسبه شده نهایی، HH بیانگر خوشبندی مقادیر زیاد و یا خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح ۹۹ درصد اطمینان، LL بیانگر خوشبندی مقادیر کم یا خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۹ درصد اطمینان، HL نشانگر ناخوش بودن آن است که در آن یک مقدار زیاد توسط مقادیر کم محاصره شده اند و LH تکسلول هایی که در آن عارضه دارای مقدار کم، توسط عوارض دارای مقادیر زیاد محاصره شده اند و از نظر آماری

(سطح ۵ درصد) معنادار هستند را از یکدیگر متمایز می‌گرداند. شکل (۳) نتایج حاصل از الگوی موران محلی را نمایش می‌دهد.



شکل ۳- نتایج حاصل از پراکنش الگوی موران محلی برای بارش سالانه استان خراسان رضوی

همان‌طور که در شکل ۳ نیز مشاهده می‌شود در اکثر مناطق استان ۷۲ درصد هیچ نوع الگوی معنی‌داری از نظر آماری وجود ندارد. ۱۳.۱ درصد از مساحت استان که بیشتر در مناطق مرتفع شمال، شمال غرب و مرکز استان را در بر می‌گیرد و شامل بخش‌های (تربت‌حیدریه، مشهد، قوچان و بخش‌های شمالی سبزوار) را شامل می‌شود، الگوی خوش‌های بالرژش‌های بالا (خودهمبستگی فضایی مثبت) حاکم بوده است. الگوهای کم بارش (LL) با مقادیر ارزش پایین (خودهمبستگی فضایی منفی) در مناطق جنوب شرق استان (گناباد، فردوس و بشرویه) دیده می‌شود و ۱۵ درصد از مساحت استان را تشکیل داده‌اند. با استفاده آماره‌هایی که تاکنون مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند، آن دسته از نواحی استان که بارش آن‌ها دارای خودهمبستگی فضایی مثبت با خوش‌های پر بارش و منفی با خوش‌های کم بارش مشخص گردیده است اما به‌منظور حصول اطمینان از مناطق دارای خوش‌های بالا و پایین از شاخص Hot Spot GI\* یا Hot Spot استفاده شده است که نتایج آن در شکل (۴) ارائه شده است. آماره Gi که برای تمام گره‌گاه‌های موجود محاسبه شده است، این آماره خود نوعی امتیاز Z است.

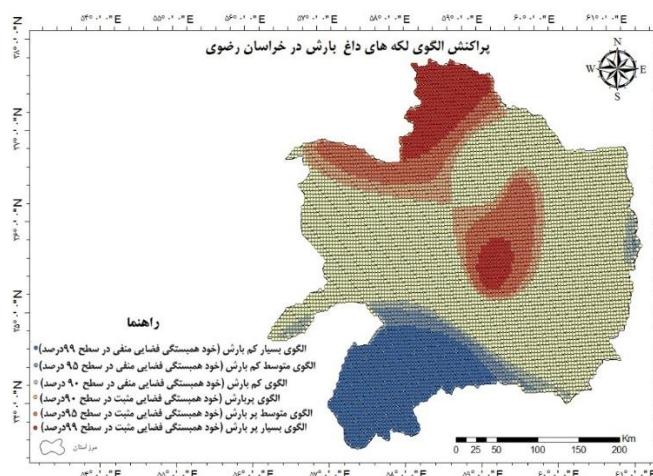
برای امتیاز Z مثبت و معنادار از نظر آماری، هر چه امتیاز Z بزرگ‌تر باشد، مقادیر بالا به میزان زیادی خوش‌بندی شده و لکه پر بارش (Hot Spot) را تشکل می‌دهند و برای امتیاز Z منفی و معنادار از نظر آماری، هر چه امتیاز Z کوچک‌تر باشد به معنای خوش‌بندی شدیدتر مقادیر پایین خواهد بود که در حقیقت لکه‌های کم بارش (Cold Spot) را نشان می‌دهند. بر این اساس الگوهای پر بارش و کم بارش استان خراسان رضوی در دوره آماری موردمطالعه (۱۹۹۰-۲۰۱۲ میلادی) با سطوح اطمینان ۹۰ درصد، ۹۵ درصد و ۹۹ درصد ترسیم شده است. همان‌طور که از شکل ۴ برمی‌آید، بارش در قسمت‌هایی از مناطق کوهستانی و مرتفع استان مانند قوچان، سبزوار، نیشابور، تربت‌حیدریه و مشهد دارای خودهمبستگی فضایی مثبت یا دارای خوش‌های بالا در سطح اطمینان ۹۹ درصد می‌باشند. قسمت‌هایی که دارای خودهمبستگی



### سومین بیانیه ملی سالانه‌ی سحون آنکارا میانجیان 3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

February 18-19, 2015 Birjand, Iran

فضایی مثبت در سطح اطمینان ۹۹ درصد (بسیار پربارش) هستند، تنها ۸ درصد از مساحت استان را تشکیل می‌دهند. مناطقی با الگوی متوسط پربارش (خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح اطمینان ۹۵ درصد) ۱۰ درصد از مناطق استان و نواحی با الگوی پربارش (خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح اطمینان ۹۰ درصد) ۷ درصد از مناطق استان را تشکیل داده‌اند. نواحی با خودهمبستگی فضایی منفی در سطوح سه‌گانه ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد نسبت الگوهای خودهمبستگی فضایی مثبت از پراکنش کمتری برخوردار می‌باشند. و همچنین درمجموع سطوح اطمینان نسبت مناطقی با الگوهای خودهمبستگی فضایی مثبت کاهش ۷ درصدی را نشان داده است. مناطقی با خودهمبستگی فضایی منفی در سطح اطمینان ۹۹ درصد (الگوی بسیار کم بارش) ۱۳ درصد از کل مساحت استان را تشکیل داده‌اند. الگوی متوسط کم بارش (خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۵ درصد) کمترین مقدار (۲ درصد) سطوح شش‌گانه خودهمبستگی فضایی را به خود اختصاص داده است. مناطقی با خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۰ درصد یا به عبارتی دیگر الگوی کم بارش ۳ درصد از مناطق استان را تشکیل داده‌اند. مناطق که از نظر آماری معنی دار نبوده ۵۷ درصد از مناطق را تشکیل داده‌اند.



شکل ۴- نتایج حاصل از پراکنش الگوی Hot Spot برای بارش سالانه استان خراسان رضوی

#### د- نتیجه‌گیری

یکی از شاخه‌های جالب و در حال رشد آمار فضایی مربوط به خودهمبستگی فضایی است. خودهمبستگی فضایی به رابطه بین باقیمانده در طول خط رگرسیون مربوط می‌شود. خودهمبستگی قوی زمانی رخ می‌دهد که مقادیر باقیمانده شدیداً باهم در ارتباط باشند. به عبارتی دیگر تغییراتشان به صورتی نظاممند رخ دهند. با این وجود، یک خودهمبستگی قوی، شامل آن دسته از پارامترهایی می‌گردد که مقادیر یک متغیر از نظر جغرافیایی به هم نزدیک هستند و باهم مرتبط می‌باشند. در پژوهش حاضر به ارزیابی الگوهای بارشی استان خراسان رضوی با استفاده از روش نوین آمار فضایی پرداخته شده است. برای این منظور از روش‌های موران محلی و جهانی و تحلیل لکه‌های رخ و خوش و ناخوش بهره گرفته شد. برای همین منظور میانگین بارش سالانه ۱۲ ایستگاه همدید طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۱۲ استخراج گردید. سپس برای اعمال

روش‌های مورداستفاده در این پژوهش، از قابلیت‌های برنامه‌نویسی، متلب و سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره گرفته شد. نتایج حاصل از روش موران جهانی نشان داد که تغییرات خودهمبستگی فضایی بارش در استان خراسان رضوی از الگوی خوش‌های بالا پیروی می‌کند. از آنجایی که شاخص موران جهانی فقط نوع الگو را مشخص می‌کند لذا بهمنظور تغییرات خودهمبستگی فضایی بارش در استان خراسان رضوی از موران محلی و تحلیل لکه‌های داغ استفاده گردید؛ که بر اساس هر دو این شاخص‌ها، کرانه‌های شمال غرب و مرکز استان نقش قابل توجهی در الگوهای بارش با الگوی خوش‌های بالا داشته است. به طوری که این مناطق از استان دارای خودهمبستگی فضایی مثبت بوده است. این در حالی است که نواحی دارای خودهمبستگی فضایی منفی در طی دوره موردمطالعه به بخش‌هایی جنوب شرق استان محدود شده است. در مجموع مساحت بالایی از استان فاقد الگوی معناداری یا به عبارتی فاقد خودهمبستگی فضایی معنادار به لحاظ آماری بوده است. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند راهگشای بسیار از مسائل مرتبط با مدیریت شهری و آمایش سرزمین باشد. به طوری که با در نظر گرفتن الگوهای بارشی یک منطقه می‌توان به بسیاری از مسائل مرتبط با برنامه‌ریزی در سطوح مختلف پاسخ‌هایی بهنجار را برای آینده منابع آبی ارائه کرد.

## ۵- فهرست منابع

- Anselin, L., 1995. Local indicators of spatial association: LISA. *Geogr Anal* 27(2):93-115.
- Anselin L, Syabri, I. and Kho, Y., 2009. GeoDa: an introduction to spatial data analysis. In Fischer MM, Getis A (eds) *Handbook of applied spatial analysis*. Springer, Berlin, Heidelberg and New York, pp.73-89.
- Diffenbaugh, N. S., Giorgi, F., and Pal, J. S., 2008. Climate change hotspots in the United States. *Geophysical Research Letters*, 35(16).
- Getis, A., Ord, J.K., 1992. the analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geogr Anal* 24(3):189-206.
- Illian, J., Penttinen, A., Stoyan, H., Stoyan, D., 2008. Statistical analysis and modeling of spatial point patterns. Wiley, London.
- IPCC, 2007. Summary for policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* (ed. by S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor & H. L. Miller). Cambridge University Press, UK.
- Journel, A. G. and Huijbregts, C. J., 1978. *Mining Geostatistics*. London: Academic Press, London.
- Kendall, W. S., 1998. Perfect simulation for the area-interaction point process. In L. Accardi and C.C. Heyde, editors, *Probability Towards 2000*, Springer Lecture Notes in Statistics 128, Springer Verlag, and New York, P. 218–234.
- Kim, H. M., Ha, and Mallic, B., 2004. Spatial prediction of rainfall using skew-normal processes. In Genton, M.G., Editor, *Skew- Elliptical Distributions and their applicationsL a journey beyond normality*, chapter 16: 279-289. Chapman and hall/CRC.
- Kumar, V., and Jain, S. K., 2010. Rainfall Trends in Ganga- Brahmaputra-Meghna River Basins of India (1951-2004), *Hydrology Journal*, 33 (Special Issue): 59-66.
- Levine, N., 1996. spatial statistics and GIS: software tools to quantify spatial patterns. *J Am Plann Assoc* 62(3):381-391.
- Manikandan, m., and Tamilmani, D., 2012. STATISTICAL ANALYSIS OF SPATIAL PATTERN OF RAINFALL TRENDS IN PARAMBIKULAM ALIYAR SUB BASIN, TAMIL NADU, *Journal of Indian Water Resources Society*, 32(1-2).



- Mitchel, A., 2008. the ESRI guide to GIS analysis, vol. 2: Spatial Measurements and Statistics, ESRI Press, Redlands, California.
- Moller, J., 2008. Handbook of Spatial Statistics, Springer Berlin Heidelberg.
- Obot N. I., Chendo M. A. C., Udo S.O and Ewona I. O., 2010. Evaluation of rainfall trends in Nigeria for 30 years (1978-2007), Int. J. Phys. Sci., 5(14): 2217-2222.
- Olofinjuyoye O and Adeyemo J., 2011. The role of global warming in the reservoir storage drop at Kainji dam in Nigeria, Int. J. Phys. Sci., 6 (19): 4614- 4620.
- Ord, J.K., Getis, A., 1995. Local spatial autocorrelation statistics: distributional issues and an application". Geogr Anal 27(4):287-306.
- Parta, T. and Kahya E., 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data, Hydrol. Process, 20: 2011–2026.
- Ripley, B. D., 2005. Spatial statistics, Vol. 575. John Wiley & Sons.
- Rogerson, P.A., 2006. Statistics Methods for Geographers: students Guide, SAGE Publications. Los Angeles, California.
- Tripathi, K.P. and Sharda, V.N., 2011. Mitigation of Impact of Climate Change through WatershedManagement, J. AgriL. Eng., 48 (1): 38-44.
- Wade, T., and Sommer, S., 2006. A to Z GIS: an illustrated Dictionary of Geographic information systems, ESRI Press, Redlands, California.
- Wheeler, D., Paéz, A., 2009. Geographically Weighted Regression. In Fischer MM, Getis A (eds) Handbook of applied spatial analysis. Springer, Berlin, Heidelberg and New York, pp.461-486.
- Wing, H., Cheung, A., Gabrie, B., Senayb, and Ashbindu, S., 2008. Trends and spatial distribution of annual and seasonal rainfall in Ethiopia", International Journal of Climatology, Int. J. Climatol, and DOI: 10.1002/joc.1623.4.