

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۱۱، تابستان ۱۳۹۶، صص ۵۷-۳۹

وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۲۵ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۱۲

ارزیابی ساختار مکانی بارش نیم قرن اخیر دشت مشهد

غلامعباس فلاح قالمیری^{۱*}

الهام کدخدا^۲

چکیده

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. یکی از رویکردهای مطالعاتی جدید در اقلیم‌شناسی، توصیف تنوع مکانی بارش بر اساس آماره‌های مکانی است. هدف مطالعه‌ی حاضر آن است که با استفاده از روش‌های آمار مکانی، رفتار عمومی بارش دشت مشهد در امتداد مکان ارائه گردد. در این راستا از داده‌های بارش روزانه ۳۴ ایستگاه همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی طی دوره‌ی آماری (۱۳۹۲-۱۳۴۲ هجری خورشیدی) استفاده شده است. در ابتدا بر اساس روش‌های آمار کلاسیک، پراکندگی مکانی و زمانی بارش مورد مطالعه و سپس سه مشخصه‌ی میانگین مرکزی، فاصله استاندارد و توزیع جهت‌دار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج و بررسی‌ها، نشان داد که مرکز ثقل (گرانیگاه) بارش‌های سالانه نیم‌قرن اخیر دشت مشهد ۳/۸۳ کیلومتر جابجایی داشته است و توزیع جهت‌دار گویای بزرگی اثر شیب و جهت‌گیری آن بر میزان بارش است. همچنین فاصله استاندارد بارش دشت مشهد

۱- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار (نویسنده‌ی مسئول)
E-mail: ab_fa789@yahoo.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آب‌وهواشناسی کاربردی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار

در دهه‌ی پنجم (۱۳۸۲-۱۳۹۲) نسبت به دهه‌ی اول (۱۳۴۲-۱۳۵۲) به میزان ۱۲۵۴/۵۷ واحد تغییر نموده است. این عامل دلیلی بر ناپایداری روابط خطی عوامل مکانی در تولید بارش در دشت مشهد است. بر این اساس ناهمواری‌ها و ارتفاع بیشترین نقش را در الگوی مکانی بارش در دشت مشهد ایفا می‌کنند.

کلمات کلیدی: ساختار مکانی، مرکز ثقل بارش، مدلسازی مکانی، دشت مشهد.

مقدمه

پارامترهای اقلیمی در مقیاس زمانی و مکانی به دلایل زیادی تغییر می‌کنند که باید نحوه تغییرات آن‌ها بر اساس مشاهدات و با بهره‌گیری از روش‌های آماری تعیین شود. از آنجا که تغییر اقلیم تأثیر عمیقی بر زندگی انسان و حیات کره‌ی زمین در آینده دارد، مطالعات مربوط به آن همواره مورد توجه محققان و پژوهشگران بوده است. رشد جمعیت و نیاز روزافزون این جمعیت در حال رشد به منابع آب سالم و از طرفی گرمایش جهانی، باعث توجه به تغییر اقلیم و تأثیر آن بر منابع آب شده است.

برآورد الگوها (مدلسازی) رفتار بارش، از بنیادهای اصلی در تحقیقات مکانی اقلیمی محسوب می‌شود. در این راستا، دو تلاش عمده‌ی مورد توجه اقلیم‌شناسان می‌باشد که یکی پهنه‌بندی بارش و دیگری تحلیل تغییرات زمانی-مکانی بارش است (عساکره و سیفی‌پور، ۱۳۹۲: ۱۷). بررسی تنوع مکانی- زمانی بارش نه تنها برای پیش‌بینی آب و هوا مهم است، بلکه برای طیف وسیعی از تصمیم‌گیرندگان از جمله هیدرولوژیست‌ها، کشاورزان و صنعت‌گران امری حیاتی محسوب خواهد شد (برونسل^۱، ۲۰۱۰: ۱۶۵). تغییرات زمانی- مکانی شدت، مقدار، مدت و فراوانی

بارش، تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی و همچنین بی‌نظمی فراسنج بارش - که رفتار ذاتی این فراسنج به حساب می‌آید - ناهنجاری‌های حدی اقلیم را به وجود می‌آورد که خود را به صورت سیل و خشکسالی خودنمایی می‌کند (ژنگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۳: ۴). با توجه به مطرح شدن بحث تغییر اقلیم و تغییرات زمانی و مکانی بارش، تاکنون پژوهش‌های متعددی با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری انجام شده است که از جمله می‌توان به پژوهش‌های (کاهیا و کالایکی^۲، ۲۰۰۴: ۱۲۹؛ ژنگ و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۵۵) اشاره کرد. جیا^۳ و همکاران (۲۰۱۱: ۳۰۶۹) با استفاده از روش‌های آمار فضایی و بر اساس شاخص NDVI و مدل رقومی ارتفاع، به ریزگردانی بارش شبکه TRMM در حوضه‌ی کادمیوم^۴ چین پرداختند. در این پژوهش، از شاخص موران جهانی^۵ برای تحلیل الگوی شاخص NDVI استفاده شده است. در خصوص تغییرات مکانی بارش در ایران نیز می‌توان به تحقیق عساکره (۱۳۸۶: ۱۴۵) اشاره نمود. وی داده‌های بارش ۱۵۲ ایستگاه همدید و ۱۷۰ ایستگاه اقلیم‌شناسی را طی دوره‌ی آماری ۲۰۰۳-۱۹۶۱ مورد تحلیل قرار داد. بر اساس نتایج تحقیقات این محقق، حدود ۵۱/۴ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بلند مدت قرار گرفته است. همچنین عساکره و سیفی‌پور (۱۳۹۲: ۱۵) ساختار مکانی بارش سالانه‌ی ایران را با استفاده از تابع موران و انحراف فاصله‌ی استاندارد مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد مرکز ثقل بارش در راستای محور شمال‌غرب - جنوب شرق جابجا شده است. تا آنجا که نویسندگان اطلاع دارند، علی‌رغم وضعیت بحرانی دشت مشهد در چند دهه‌ی گذشته، تا کنون تحقیق جامعی در خصوص ارزیابی ساختار مکانی بارندگی با روش‌های نوین آمار فضایی در

1- Zhang

2- Kahya and Kalayci

3- Shaofeng

4- Qaidam

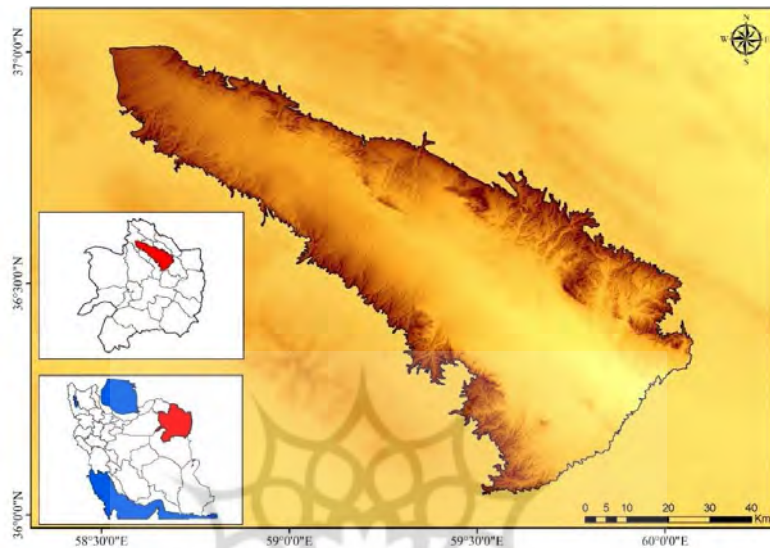
6- Global's Moran

این منطقه از کشور صورت نگرفته است. در تحقیق حاضر، تلاش شده است ضمن ارائه‌ی توزیع مکانی بارش بر اساس روش‌های آمار فضایی، برخی از خصوصیات مربوط به آماره‌های توصیفی و فضایی، به ویژه آماره‌های مربوط به تمرکز و پراکندگی بارش در دشت مشهد نیز ارائه گردد. لازم به ذکر است تأکید اصلی در این تحقیق بیشتر در زمینه‌ی استفاده از داده‌های به هنگام و مقیاس مطالعه است که در سطح حوضه‌ی آبریز در نظر گرفته شده است تا ساختار مکانی بارندگی با دقت بیشتری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

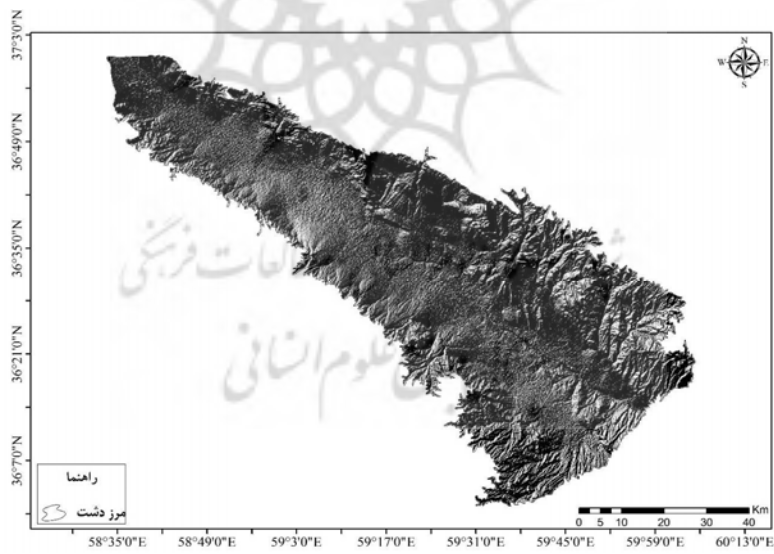
مواد و روش‌ها

– منطقه‌ی مورد مطالعه

دشت مشهد تقریباً در مرکز استان خراسان رضوی و در محدوده‌ای به طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲ دقیقه واقع شده است. این محدوده با کشیدگی شمال غرب-جنوب شرق در حد فاصل ارتفاعات بینالود در جنوب غرب و غرب و ارتفاعات کپه‌داغ در شرق و شمال شرق قرار گرفته است (شکل ۱). ناحیه‌ی مورد مطالعه از شمال به دشت قوچان-شیروان و کلات نادری، از جنوب و جنوب شرق به سرجام نریمانی و از غرب به نیشابور و ینگجه محدود می‌گردد. مساحت محدوده‌ی مطالعاتی، مشهد برابر ۹۹۰۹ کیلومتر مربع است که ۶۳۳۶ کیلومتر مربع آن را دشت مشهد و باقی را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. بیشینه‌ی ارتفاع این محدوده‌ی مطالعاتی، برابر ۱۷۱۷ متر در ارتفاعات بینالود و کمینه‌ی ارتفاع نیز در خروجی (آبراهه‌ی کشف رود) در بخش شرقی برابر با ۸۴۴ متر می‌باشد. طول کشیدگی دشت حدوداً ۱۵۰ کیلومتر است که از آبگرم و دولو در ۹ کیلومتری شرق قوچان شروع شده و به کال تنگ شور در شرق مشهد ختم می‌گردد. مدل سه‌بعدی دشت مشهد در شکل (۲) ارائه شده است.



شکل (۱) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در کشور و استان خراسان رضوی



شکل (۲) مدل سه بعدی دشت مشهد

- روش تحقیق

داده‌های مربوط به بارش روزانه مربوط به ۳۴ ایستگاه همدید، اقلیم‌شناسی و باران-سنجی طی دوره‌ی آماری ۱۳۹۲-۱۳۴۲ شمسی تا شعاع ۱۰ کیلومتری حوضه‌ی مورد مطالعه از سازمان هواشناسی و وزارت نیرو جمع‌آوری گردید. در مرحله بعد با استفاده از روش Empirical Bayesian Kriging (EBK) داده‌ها پهنه‌بندی شد و یاخته‌هایی با ابعاد ۱۵ در ۱۵ کیلومتر بر منطقه‌ی مورد مطالعه گسترانیده شد. علت استفاده از این روش به دو دلیل زیر بوده است: ۱- این روش تنها روش قابل استفاده برای ارزیابی مرکز فضایی داده‌ها در یک فضای جغرافیایی است. ۲- خطای این روش نسبت به روش‌های دیگر، دارای کمترین مقدار بود. در مرحله بعد و با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS، از روش موران جهانی برای محاسبه خودهمبستگی فضایی داده‌ها و برای محاسبه‌ی گرانیگاه بارش حوضه هم از روش میانگین مرکزی استفاده شد. بدین منظور از نرم‌افزار SASPLANT و MATLAB و برای محاسبه-ی روند و جهت توزیع بارش نیز از توزیع جهت‌دار استفاده شد. تحلیل الگو در مطالعات مکانی برای فهم الگوها و روندهای کلی موجود در داده‌های فضایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در دهه‌های اخیر سناریوهای مختلفی در خصوص تحلیل الگوهای داده‌ها در آمار فضایی بسط داده شده است. از میان این شاخص‌ها، می‌توان به شاخص جهانی موران اشاره نمود. این آماره فضایی، عددی را به دست می‌دهد که با استفاده از آن می‌توان درجه پراکنده بودن و یا متمرکز بودن عوارض را اندازه‌گیری نمود (ویلر و پرز^۱، ۲۰۰۹: ۴۶۱؛ ایلان^۲ و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۰؛ میتچل^۳، ۲۰۰۸: ۲۵؛ لیواین^۴، ۱۹۹۶: ۳۸۱؛ گیتس و اورد^۵، ۱۹۹۲: ۱۸۹). اگر

-
- 1- Wheeler&Paéz
 - 2- Illian
 - 3- Mitchel
 - 4- Levine
 - 5- Getis&Ord

مقدار شاخص موران نزدیک عدد $+1$ باشد، اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد -1 باشد، آنگاه داده‌ها از هم‌گسسته و پراکنده می‌باشند. در موران جهانی فرض صفر این است که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر عنصر مرتبط با عوارض جغرافیایی موردنظر وجود ندارد. حال زمانی که مقدار p -value بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده (قدر مطلق آن) بسیار بزرگ باشد (خارج از محدوده‌ی اطمینان قرار گیرد)، آنگاه می‌توان فرض صفر را رد کرد. اگر شاخص موران بزرگ‌تر از صفر باشد، داده‌ها نوعی خوشه‌بندی فضایی را نشان می‌دهند. اگر مقدار شاخص کمتر از صفر باشد عوارض مورد مطالعه دارای الگوی پراکنده می‌باشند (علی‌آبادی و داداشی، ۱۳۹۴: ۹۱؛ فلاح قاله‌ری و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۴۲). (۱۳۹۴: ۶۴۱).

شاخص‌گری نیز مشابه شاخص موران است، با این تفاوت که به جای تأکید بر انحراف از میانگین، اختلاف هر ناحیه را نسبت به دیگری برآورد می‌کند. شاخص‌گری، بین 0 تا 2 در نوسان است که مقدار صفر دلالت بر خود همبستگی فضایی کاملاً مثبت دارد (زمانی که ارزش همه همسایگی‌ها مشابه باشند) و مقدار 2 بر خود همبستگی فضایی کاملاً منفی دلالت دارد. مقدار 1 نیز به مفهوم نبود رابطه‌ی فضایی است (فیشور و گیتس^۱، ۲۰۰۹: ۲۶۵). توزیع بسیاری از پدیده‌های جغرافیایی در فضا به‌گونه‌ای است که ممکن است جهت‌دار باشند. در این موارد می‌توان با محاسبه واریانس محورهای x و y به‌طور جداگانه و مستقل روند و جهت توزیع پدیده‌ها را در فضا نشان داد. ابزار توزیع جهت‌دار^۲ نشان می‌دهد که آیا توزیع عوارض جغرافیایی در فضا به صورت جهت‌دار صورت گرفته‌اند یا خیر. روشی که معمولاً برای اندازه‌گیری روند در مجموعه‌ای از نقاط یا نواحی به کار گرفته می‌شود، محاسبه‌ی فاصله‌ی استاندارد در جهت x و y است. این دو مقدار، محور بیضی را که توزیع عوارض را در بر می‌گیرد، تعریف می‌کنند. از این بیضی به‌عنوان انحراف

1- Fischer & Getis

2- Directional Distribution

استاندارد نیز نام برده می‌شود، زیرا در این روش از انحراف استاندارد مختصات x و y از میانگین مرکزی، برای تعیین محورهای بیضی استفاده می‌شود. میانگین مرکزی ساده‌ترین تحلیل در آمار فضایی است. این تحلیل مشابه میانگین در آمار کلاسیک است و به صورتی مشابه محاسبه می‌شود. این میانگین، مرکز جغرافیایی و یا مرکز ثقل^۱ مجموعه‌ای از عوارض را شناسایی می‌کند (تارزگا^۲، ۲۰۰۷: ۲۱۳؛ فورگینهام و همکاران، ۲۰۰۱: ۴۳). تحلیل فاصله استاندارد، میزان تمرکز و یا پراکندگی عوارض پیرامون میانگین مرکزی را اندازه‌گیری می‌نماید. این تحلیل میزان فشردگی توزیع داده و مقدار آن را ارائه می‌دهد. مقدار ارائه شده برحسب فاصله است که در حقیقت برابر دایره‌ای با شعاع مشخص بر روی نقشه خواهد بود (اسکات و گیتس، ۲۰۰۸: ۲۷)..

بحث و نتایج

در این تحقیق برای آزمون نرمال بودن داده‌های بارش دشت مشهد از آزمون کلموگروف - اسمیرونف استفاده شد و نرمال بودن داده‌ها مورد تأیید قرار گرفت.

- ارزیابی تغییرات بارش دشت مشهد با استفاده از آمار کلاسیک

جدول (۱) بعضی از مشخصات آماری بارش را در طی پنج دهه‌ی مورد مطالعه (دهه‌ی اول ۱۳۴۲ تا ۱۳۵۲، دهه‌ی دوم ۱۳۵۲ تا ۱۳۶۲، دهه‌ی سوم ۱۳۶۲ تا ۱۳۷۲، دهه‌ی چهارم ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ و دهه‌ی پنجم ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۲ هجری شمسی) نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، بیشترین میانگین بارش به میزان ۲۳۰/۰۶ میلی‌متر در دهه‌ی دوم (۱۳۵۲ تا ۱۳۶۲) رخ داده است. این در حالی است که بیشترین واریانس یا به عبارتی بیشترین تغییرات بارش نیز در دهه‌ی دوم

1- Center of Concentration

2- Tarazaga

اتفاق افتاده است. همچنین کمترین مقدار میانگین بارش نیز به میزان ۲۰۹/۱۵ میلی‌متر در دهه‌ی اول رخ داده است. بالاترین ضریب تغییرات با ۲۶/۷ درصد نیز در دهه‌ی دوم اتفاق افتاده است. همچنین بیشترین دامنه‌ی تغییرات بارش با مقدار ۱۸۸/۰۷ میلی‌متر مربوط به دهه‌ی دوم می‌باشد. چولگی بارش در همه‌ی دهه‌ها به‌غیر از دهه‌های دوم و پنجم، مثبت است. چولگی مثبت حاکی از آن است که مساحت قسمت‌های با بارش کمتر از میانگین، بیشتر از مساحت قسمت‌های با بارش بالاتر از میانگین می‌باشد. یعنی سهم بارش‌های سنگین در فراوانی کل رویدادها کمتر است. در صورتی که در دهه‌ی دوم و بخصوص پنجم چولگی منفی شده است که مبین افزایش بارش‌های سنگین در دشت مشهد می‌باشد. این آماره به‌خوبی نشان داده است که سهم بارش‌های یک‌روزه در حال افزایش است که با مطالعات هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم^۱ (۲۰۱۳: ۱۴) نیز همخوانی دارد. کشیدگی منفی نیز نافرشته بودن داده‌ها را نسبت به منحنی نرمال نشان می‌دهد. در هر پنج دوره اختلاف میانه، مد و میانگین نشان می‌دهد توزیع داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌نماید. در یک نگاه جامع رویدادهای بارش دشت مشهد طی نیم‌قرن اخیر دارای افت و خیز مکانی بسیار زیادی بوده است. از سوی دیگر مقدار بارش در دشت مشهد دارای فرورفتگی شکل شناختی می‌باشد. در نگاهی جامع دشت مشهد را می‌توان از نظر میانگین بارش به دو ناحیه تقسیم کرد: ۱- مناطق پربارش شمال و جنوب غرب، ۲- مناطق کم‌بارش جنوب و جنوب شرق. منطقه‌ی بزرگ اول شامل کوهپایه‌ها و کوهستان‌های شمال و جنوب غرب دشت است. ناحیه‌ی دوم که از بارندگی کمتری نسبت به کوهستان برخوردار است، شامل مناطق پست جنوبی و بقیه‌ی مناطق کوهستانی است که نسبت به منطقه‌ی اول از مقدار بارش کمتری برخوردار است.

جدول (۱) مشخصات آماری هر یک از دوره‌های مختلف بارش دشت مشهد

فراسنج	پنج دهه‌ی مطالعه (۱۳۹۲-۱۳۴۲ هجری شمسی)				
	دهه‌ی اول	دهه‌ی دوم	دهه‌ی سوم	دهه‌ی چهارم	دهه‌ی پنجم
ضریب تغییرات	۲۳/۸۸	۲۶/۷۰	۱۹/۳۱	۲۱/۲۸	۲۰/۸۳
دامنه‌ی تغییرات	۱۵۲/۱۱	۱۸۸/۰۷	۱۲۷/۲۰	۱۴۷/۹۴	۱۴۳/۴۰
کمینه	۱۳۲/۳۵	۱۱۸/۸۱	۱۷۵/۸۵	۱۷۹/۲۲	۱۵۱/۳۴
بیشینه	۲۸۴/۴۶	۳۰۶/۸۸	۳۰۳/۰۵	۳۲۷/۱۹	۲۹۴/۷۳
میانگین	۲۰۹/۱۵	۲۳۰/۰۶	۲۲۶/۱۷	۲۳۶/۵۸	۲۲۶/۱۶
انحراف از میانگین	۱۵/۷۹	۱۹/۴۳	۱۳/۸۱	۱۵/۹۲	۱۴/۹۰
انحراف معیار	۴۹/۹۴	۶۱/۴۳	۴۳/۶۸	۵۰/۳۵	۴۷/۱۱
واریانس	۲۴۹۴/۲۸	۳۷۷۳/۴۰	۱۹۰۷/۹۷	۲۵۳۵/۰۷	۲۲۱۹/۴۸
چولگی	۰/۱۰	-۰/۶۳	۰/۸۵	۰/۵۳	-۰/۴۰
کشیدگی	-۱/۲۳	-۰/۸۱	-۰/۳۰	-۰/۹۶	-۰/۵۰
میان	۰۰/۰۶	۲۵۲/۵۴	۲۱۵/۰۷	۲۲۴/۰۱	۲۳۲/۷۱
مد	۱۳۲/۳۵	۱۱۸/۸۱	۱۷۵/۸۵	۱۷۹/۲۲	۱۵۱/۳۴

– تحلیل الگوی تغییرات درون دهه‌ای بارش دشت مشهد در نیم‌قرن اخیر

قبل از بررسی ساختار مکانی داده‌ها نیاز است تا خودهمبستگی فضایی داده‌ها مورد بررسی قرار گیرد. خروجی‌های تحلیل خودهمبستگی فضایی موران جهانی، به صورت دو نوع عددی و گرافیکی در جدول (۲) ارائه شده است. خروجی گرافیکی، پراکنده و یا خوشه‌ای بودن داده‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، مقدار شاخص موران جهانی برای پنج دوره‌ی مورد مطالعه‌ی بالای ۰/۹۶ است. این نکته نشان می‌دهد که بر اساس شاخص موران جهانی، بارش در دشت مشهد در پنج دهه‌ی مورد مطالعه در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد، دارای الگوی خوشه‌ای بالا می‌باشد. با این وجود بالاترین شاخص موران جهانی با مقدار ۰/۹۸۲۱۱۱ مربوط به دهه‌ی اول بوده است. آماره Z برای هر پنج دهه‌ی مورد

مطالعه، بالا و بین ۱۱۰ تا ۱۱۲ می‌باشد؛ بنابراین در مجموع بر اساس موران جهانی می‌توان استنباط نمود که تغییرات درون دهه‌ای بارش در دشت مشهد از الگوی خوشه‌ای بالا تبعیت می‌کند؛ بنابراین با توجه به بالا بودن مقدار Z و پایین بودن مقدار P-value می‌توان فرض صفر مبنی بر عدم وجود خودهمبستگی فضایی بین داده‌ها را در هر پنج دهه‌ی مورد مطالعه رد نمود. اگر قرار بود بارش برای پنج دهه‌ی مورد مطالعه به‌طور نرمال در فضا توزیع شده باشد، شاخص موران جهانی مقدار $-۰/۰۰۰۴۰۴$ را اختیار می‌نمود.

جدول (۲) خروجی آماره‌ی موران برای پنج دهه‌ی مورد مطالعه بارش دشت مشهد

ماه	شاخص موران	شاخص موران مورد انتظار	واریانس	z-score	p-value	مفهوم‌سازی رابطه فضایی	روش اندازه‌گیری
دهه‌ی اول	۰/۹۸۲۱۱۱	-۰/۰۰۰۴۰۴	۰/۰۰۰۰۷۷	۱۱۲/۱۰۷۹۱۴	۰	مربع معکوس فاصله	اقلیدسی
دهه‌ی دوم	۰/۹۶۸۳۷۶	-۰/۰۰۰۴۰۴	۰/۰۰۰۰۷۷	۱۱۰/۵۴۹۰۱۴	۰	مربع معکوس فاصله	اقلیدسی
دهه‌ی سوم	۰/۹۶۶۴۶۶	-۰/۰۰۰۴۰۴	۰/۰۰۰۰۷۷	۱۱۰/۳۰۸۰۲۶	۰	مربع معکوس فاصله	اقلیدسی
دهه‌ی چهارم	۰/۹۷۶۳۵۲	-۰/۰۰۰۴۰۴	۰/۰۰۰۰۷۷	۱۱۱/۴۴۵۳۱۸	۰	مربع معکوس فاصله	اقلیدسی
دهه‌ی پنجم	۰/۹۶۵۰۰۳	-۰/۰۰۰۴۰۴	۰/۰۰۰۰۷۷	۱۱۰/۱۷۴۷۴۶	۰	مربع معکوس فاصله	اقلیدسی

جدول (۳) نتایج تحلیل‌های انجام شده با استفاده از شاخص گری را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از شاخص گری نیز نشان‌دهنده وجود خودهمبستگی فضایی مثبت در دشت مشهد است. با توجه به جدول (۳)، بیشترین خودهمبستگی فضایی مثبت مربوط به دهه‌ی اول و سپس سوم است. همچنین از دهه‌ی سوم به بعد، مقادیر شاخص گری روند افزایشی دارد. این مقدار افزایشی نشانگر تضعیف کاهش

پراکندگی بارش در دشت مشهد یا به عبارتی کانونی شدن بارش در این منطقه از کشور می‌باشد. با توجه به جدول (۲ و ۳)، نتایج به دست آمده از شاخص موران مشابه شاخص گری است و حاکی از وجود الگوی خودهمبستگی فضایی مثبت بین داده‌ها در هر پنج دهه‌ی مورد مطالعه است.

جدول (۳) خروجی شاخص گری برای پنج دهه‌ی مورد مطالعه بارش دشت مشهد

دهه	شاخص گری	شاخص گری مورد انتظار	خطای استاندارد شاخص C	p-value
دهه‌ی اول	۰/۷۱۸۳۶۸	۱	۰/۰۲۱۴۶۱	۰/۰۰۰۱
دهه‌ی دوم	۰/۸۰۳۷۹۲	۱	۰/۰۲۱۴۶۱	۰/۰۰۰۱
دهه‌ی سوم	۰/۷۴۰۸۴۵	۱	۰/۰۲۱۴۶۱	۰/۰۰۰۱
دهه‌ی چهارم	۰/۸۱۰۴۳۹	۱	۰/۰۲۱۴۶۱	۰/۰۰۰۱
دهه‌ی پنجم	۰/۸۲۱۴۳۹	۱	۰/۰۲۱۴۶۱	۰/۰۰۰۱

– مرکز ثقل بارش و تغییرات آن در دشت مشهد

در این تحقیق مرکز ثقل ایستگاهی بارش دشت مشهد طی نیم‌قرن اخیر برای هر یک از دهه‌های مورد مطالعه با استفاده از آماره توزیع جهت‌دار و فاصله‌ی استاندارد محاسبه شده است. مختصات مرکز ثقل بارش هر یک از دوره‌های مورد مطالعه در جدول (۴) و شکل (۳) ارائه شده است. شکل (۳) نشان می‌دهد که تمرکز بارش در دشت مشهد تمایل بیشتری به بخش‌های شمالی و غربی دارد.

جدول (۴) مرکز ثقل بارش دشت مشهد طی نیم‌قرن اخیر

دوره	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
دهه‌ی اول	۵۹/۳۷۶۵	۳۶/۵۳۷۵
دهه‌ی دوم	۵۹/۴۱۶۹	۳۶/۵۱۵۶
دهه‌ی سوم	۵۹/۴۲۲۵	۳۶/۵۱۱۷
دهه‌ی چهارم	۵۹/۴۰۹۴	۳۶/۵۱۷۶
دهه‌ی پنجم	۵۹/۴۱۰۸	۳۶/۵۱۸۰

برای به دست آوردن نقطه‌ی تمرکز بارش، میانگین بارش دریافتی هر ایستگاه در هر دهه‌ی محاسبه و گرانیگاه بارش هر دهه با استفاده از آماره‌ی توزیع جهت‌دار، محاسبه شده است. نتایج در جدول (۵) و شکل (۴) ارائه شده است. با توجه به شکل (۴)، در نیم‌قرن اخیر مرکز ثقل بارش دشت مشهد $3/83$ کیلومتر جابجایی داشته است و محور توزیع جهتی بارش نیز در دوره‌ی پنجم نسبت به دوره‌ی اول $0/269$ درجه تغییر نموده است. با توجه به اینکه این جابجایی به سمت جنوب دشت اتفاق افتاده است (مناطق با خودهمبستگی فضایی منفی)، حاکی از کاهش کلی بارش در سطح دشت مشهد است. تغییرات اقلیمی به عاملی برای برهم خوردن نظم سامانه‌های محیطی تبدیل شده است. بنابراین میزان جابجایی توزیع جهت‌دار از مرکز میانگین در دوره‌های متفاوت زمانی بر روی عوارض نقطه‌ای بارش سالانه‌ی دشت مشهد، حاکی از انحراف فضایی بارش از حالت نرمال دارد و نشان دهنده‌ی تغییر و جابجایی مرکز میانگین و توزیع جهت‌دار بارش است. بر اساس نتایج به دست آمده، میزان بارش دریافتی بر روی پهنه‌ی دشت مشهد در بیشتر نقاط، دچار تغییرات فضایی شده است. توزیع جهت‌دار استخراج شده یا گرانیگاه بارش دشت مشهد نشان‌دهنده‌ی این امر است که حدود 68 درصد عوارض نقطه‌ای نسبت به مرکز میانگین و نسبت به خصوصیت شکل عارضه، در بیضوی انحراف استاندارد واقع شده‌اند. جهت حرکت بیضوی انحراف استاندارد شکل توزیع نیز حاکی از جهتی است که با توجه به شکل عارضه و مقدار خصیصه آن‌ها جهت شمال غرب به جنوب شرق را به خود گرفته‌اند. این روند و جهت شکل‌گیری عارضه و داده‌های بارش هر دهه می‌تواند نشان‌دهنده‌ی محور کوه‌های شمال شرق ایران و بخصوص دشت مشهد و تبعیت بارش این نقطه از ایران در جهت ناهمواری‌ها و ورود سامانه‌های باران‌زا به این منطقه باشد. نتایج حاصل از فاصله استاندارد به صورت دواپری که برای هر دهه به طور مجزاً محاسبه و ترسیم شده است، در

جدول (۶) و شکل (۴) ارائه شده است. شکل (۴) نیز حاکی از تغییر و جابجایی مرکز میانگین فاصله استاندارد بارش دشت مشهد است. بنابراین، این شکل نیز تأییدی بر تغییرات فضایی بارش در بیشتر نقاط دشت مشهد است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول (۶)، فاصله استاندارد بارش دشت مشهد در دهه‌ی پنجم (۱۳۸۲-۱۳۹۲) نسبت به دهه‌ی اول (۱۳۴۲-۱۳۵۲) تغییر ۱۲۵۴/۵۷ واحدی داشته است. این عامل خود دلیلی بر ناپایداری روابط خطی عوامل مکانی در تولید بارش دشت مشهد است. بر این اساس ناهمواری‌ها و ارتفاع بیشترین نقش را در الگوی مکانی بارش دشت مشهد ایفا نموده‌اند.

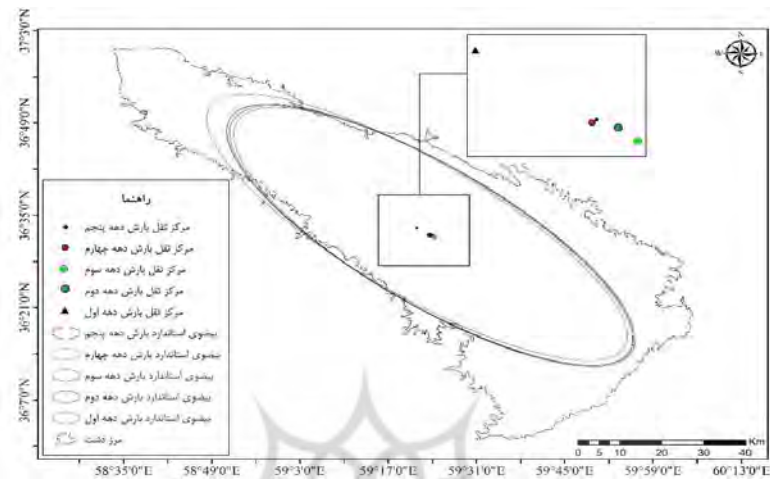
جدول (۵) مشخصات بیضوی انحراف استاندارد بارش نیم‌قرن اخیر دشت مشهد

دوره	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	فاصله استاندارد محاسبه شده X	فاصله استاندارد محاسبه شده Y	جهت چرخش بیضی
دهه‌ی اول	۵۹/۳۷۶۵	۳۶/۵۳۷۵	۵۹۸۵۰/۹۵	۱۸۱۷۰/۱۱	۱۲۴/۸۷۰
دهه‌ی دوم	۵۹/۴۱۶۹	۳۶/۵۱۵۶	۵۷۵۹۶/۱۴	۱۸۶۳۱/۱۲	۱۲۴/۹۶۵
دهه‌ی سوم	۵۹/۴۲۲۵	۳۶/۵۱۱۷	۵۷۱۶۹/۳۳	۱۸۶۷۲/۴۶	۱۲۵/۲۵۳
دهه‌ی چهارم	۵۹/۴۰۹۴	۳۶/۵۱۷۶	۵۷۷۹۱/۹۵	۱۸۵۵۶/۹۱	۱۲۵/۱۷۲
دهه‌ی پنجم	۵۹/۴۱۰۸	۳۶/۵۱۸۰	۵۷۸۴۲/۴۱	۱۸۶۴۷/۸۴	۱۲۵/۱۳۹

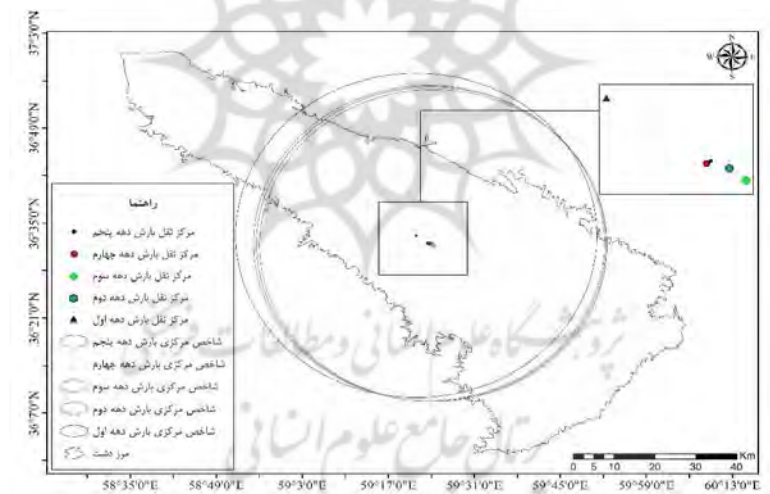
X: طول جغرافیایی؛ Y: عرض جغرافیایی

جدول (۶) مشخصات فاصله‌ی استاندارد بارش نیم‌قرن اخیر دشت مشهد

دوره	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	فاصله استاندارد محاسبه شده
دهه‌ی اول	۵۹/۳۷۶۵	۳۶/۵۳۷۵	۴۴۲۲۸/۳۲
دهه‌ی دوم	۵۹/۴۱۶۹	۳۶/۵۱۵۶	۴۲۸۰۴/۴۰
دهه‌ی سوم	۵۹/۴۲۲۵	۳۶/۵۱۱۷	۴۲۵۲۶/۴۲
دهه‌ی چهارم	۵۹/۴۰۹۴	۳۶/۵۱۷۶	۴۲۹۲۰/۰۹
دهه‌ی پنجم	۵۹/۴۱۰۸	۳۶/۵۱۸۰	۴۲۹۷۳/۷۵



شکل (۳) گرانیگاه و توزیع مکانی بارش دشت مشهد با استفاده از آماره توزیع جهت‌دار



شکل (۴) مرکز ثقل بارش و توزیع مکانی بارش دشت مشهد با استفاده از آماره‌ی فاصله‌ی استاندارد

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد آرایش خطوط هم‌بارش علاوه بر ارتفاعات، به

شیب و جهت‌گیری ناهمواری‌ها بستگی دارد. در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه ۳۴ ایستگاه همدید، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی طی دوره‌ی آماری ۵۰ ساله (۱۳۹۲-۱۳۴۲ هجری خورشیدی) استفاده شده است. در ابتدا بر اساس روش‌های آمار کلاسیک، پراکندگی مکانی و زمانی بارش مورد بحث قرار گرفت. سپس سه مشخصه مرکز میانگین، فاصله استاندارد و توزیع جهت‌دار مورد بررسی قرار گرفتند. شاخص‌های گرایش مرکزی نظیر میانگین، میانه و مد، اطلاعات موجود در هر توزیع را به طور خلاصه بیان می‌کنند. لذا این فراسنج‌ها به نوعی تبیین‌گر مکانی پراش می‌باشند. بر اساس تحلیل مکانی، می‌توان میانگین بارش دشت مشهد را به دو ناحیه تقسیم کرد: ۱- مناطق پربارش شمال و جنوب غرب، ۲- مناطق کم بارش جنوب و جنوب شرق. منطقه‌ی بزرگ اول شامل کوهپایه‌ها و کوهستان‌های شمال و جنوب غرب دشت است؛ و ناحیه‌ی دوم که شدت بارندگی در آن نسبت به کوهستان کمتر است شامل مناطق پست جنوبی و بقیه‌ی مناطق کوهستانی است که بارش نسبت به منطقه‌ی اول از شدت و مدت کمتری برخوردار است.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که مرکز ثقل بارش دشت مشهد طی دوره‌ی ۵۰ ساله مورد مطالعه به میزان $3/83$ کیلومتر جابجا شده است و محور توزیع جهت‌ی بارش نیز در دوره‌ی پنجم نسبت به دوره‌ی اول $0/269$ درجه تغییر داشته است. این جابجایی از آنجایی که به سمت مناطقی با خودهمبستگی فضایی منفی بوده است؛ حاکی از کاهش کلی بارش در سطح دشت مشهد است. نتایج حاصل از فاصله‌ی استاندارد بارش در دشت مشهد نشان داده است که بارش در دهه‌ی پنجم (۱۳۸۲-۱۳۹۲) نسبت به دهه‌ی اول (۱۳۵۲-۱۳۴۲) تغییر $1254/57$ واحدی داشته است. بر این اساس ناهمواری و ارتفاع بیشترین نقش را در الگوی مکانی بارش دشت مشهد ایفا می‌کنند.

منابع

- عساکره، حسین (۱۳۸۶)، تغییرات زمانی- مکانی بارش ایران زمین طی دهه‌های اخیر، فصلنامه‌ی جغرافیا و توسعه، سال پنجم، شماره‌ی ۱۰، صص ۱۶۴-۱۴۵.
- عساکره، حسین و زهره سیفی‌پور (۱۳۹۲)، توصیف ساختار مکانی بارش سالانه‌ی ایران، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، دوره‌ی ۲۸، شماره‌ی ۴، صص ۳۰-۱۵.
- علی‌آبادی، کاظم و عباسعلی داداشی رودباری (۱۳۹۴)، بررسی تغییرات الگوهای خودهمبستگی فضایی دمای بیشینه‌ی ایران، فصلنامه‌ی مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال ششم، شماره‌ی ۲۱، صص ۱۰۴-۸۶.
- فلاح قاله‌ری، غلامعباس؛ اسدی، مهدی و عباسعلی داداشی رودباری (۱۳۹۴)، تحلیل فضایی پراکنش رطوبت در ایران، فصلنامه‌ی پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره‌ی ۴۷، شماره‌ی ۴، صص ۶۵۰-۶۳۷.
- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۸۸)، نواحی بارشی ایران، فصلنامه‌ی جغرافیا و توسعه، دوره‌ی ۷، شماره‌ی ۱۳، صص ۹۳-۷۹.
- Bader, M.J., Forbes, G.S., Grant, J.R., Lilley, R.B.E., Waters, A.J., (1997), **Images in Weather Forecasting: A Practical Guide for Interpreting Satellite and Radar Imagery**, Chapter 6: PP. 245-249.
- Brunsell, N.A. (2010), **A multiscale information theory approach to assess spatial-temporal variability of daily precipitation**, Journal of hydrology, 385(1): PP. 165-172.
- Fischer, M.M., & Getis, A. (Eds.). (2009), **Handbook of applied spatial analysis: software tools, methods and applications**, Springer Science & Business Media.
- Fotheringham A Stewart, Brunsdon Chris, Charlton Martin (2002), **Geographically weighted regression**, John wiley & son, uk.

- Fotheringham, A. S., Charlton, M. E., & Brunson, C. (2001), **Spatial variations in school performance: a local analysis using geographically weighted regression**, *Geographical and Environmental Modelling*, 5(1): PP. 43-66.
- Getis A, Ord JK (1992), **The analysis of spatial association by use of distance statistics**, *Geogr Anal* 24(3): PP. 189-206.
- Illian, A. Penttinen, H. Stoyan, and D. Stoyan (2008), **Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns**, John Wiley and Sons, Chichester.
- IPCC, (2013), **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jia, S., Zhu, W., Lú, 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): PP. 3069-3079.
- Kahya, E., & Kalaycı, S. (2004), **Trend analysis of streamflow in Turkey**, *Journal of Hydrology*, 289(1), PP. 128-144.
- Levine N (1996). **Spatial statistics and GIS: software tools to quantify spatial patterns**, *J Am Plann Assoc* 62(3): PP. 381-391.
- Mitchel, A., (2008), **The ESRI guide to GIS analysis, Spatial Measurements and Statistics**, ESRI Press, volume 2: Redlands, California.
- Scott L, Getis A (2008), **Spatial statistics**, In Kemp K (ed) *Encyclopedia of geographic informations*, Sage, Thousand Oaks, CA.
- Tarazaga, P., Sterba-Boatwright, B., & Wijewardena, K. (2007), **Euclidean distance matrices: special subsets, systems of coordinates and multibalanced matrices**, *Computational & Applied Mathematics*, 26(3): PP. 415-438.

- 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.
- Zhang C, Luo L, Xu W, Ledwith V. (2008), **Use of local Moran's I and GIS to identify pollution hotspots of Pb in urban soils of Galway, Ireland**. Sci Total Environ 398, (1-3): PP. 212-221.
- Zhang, M., He, J., Wang, B., Wang, S., Li, S., Liu, W., & Ma, X. (2013), **Extreme drought changes in Southwest China from 1960 to 2009**, Journal of Geographical Sciences, 23(1): PP. 3-16.
- Zhang, Q., Liu, C., Xu, C.Y., Xu, Y., & Jiang, T. (2006), **Observed trends of annual maximum water level and streamflow during past 130 years in the Yangtze River basin, China**, Journal of Hydrology, 324(1): PP. 255-265.