نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۴، شماره ۷۴، فصل زمستان ، صفحات ۱۶۴-۱۵۳

تاریخ دریافت۱۳۹۶/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۱۰/۲۶

واکاوی الگوی مکانی بارش‌های بهاره شمال‌غرب ایران با روش های تحلیل فضایی

حسین عساکره[۱]
سپیده بارزمان[۲]
علی شاهبایی کوتنایی[۳]

چکیده

مؤلفه‌های مکانی از عوامل مؤثر در بروز تغییرات رفتار بارش در یک پهنه است. این امر ضرورت استفاده از دانش زمین آمار در مطاله و بررسی بارش را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر با استفاده از فراسنج‌های نیم‌تغییرنما و رگرسیون جغرافیایی وزن دار، الگوی بارش‌های ۱۲۱ ایستگاه هواشناسی شمال غرب ایران (شامل ۲۷ ایستگاه همدید،۷ ایستگاه اقلیم‌شناسی و ۸۷ ایستگاه باران‌سنجی سازمان هواشناسی کشور) در دوره آماری ۲۰۱۴-۱۹۹۴ برای فصل بهار مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از آماره نیم تغییرنما نشان داد که توزیع مکانی بارش از ماه آوریل به سمت ماه ژوئن کاهش یافته است. این امر نشان‌دهنده کاهش وسعت عمل سامانه‌های بزرگ مقیاس موثر بر بارش محدوده مطالعاتی و افزایش توان عوامل محلی در وقوع بارش است. بر اساس مدل رگرسیون جغرافیایی وزن دار مشخص گردید که در تمام منطقه، ناهمواری‌ها بیشترین اثر را در کنترل بارش دارد. علاوه بر آن در کردستان و جنوب آذربایجان غربی جهت شیب، در اردبیل و شمال آذربایجان شرقی عامل شیب بر بارش اثر گذار هستند. همچنین اثرات عامل عرض جغرافیایی منطبق بر حضور بادهای غربی بوده است. عرض جغرافیایی در ماه آوریل در کردستان و در ماه‌های می‌و ژوئن در آذربایجان شرقی بیشترین اثرات را داشته‌است. بنابراین عوامل مکانی نقش مهمی در پراکنش بارش‌های بهاره‌ی شمال غرب ایران داشته و حداکثر تاثیر آن ها در نیمه‌ی غربی محدوده قابل ردیابی است.

واژگان کلیدی: تحلیل فضایی، نیم تغییرنما، رگرسیون جغرافیایی وزن دار، زمین آمار

مقدمه

ارتباط متقابل محیط جغرافیایی با پدیده‌های اقلیمی موجب تکوین الگوهای جغرافیایی متفاوت و پیچیده ای شده است که بر پدیده-های اقلیمی حاکم است. تفاوت‌های مکانی سبب وقوع رخدادهای اقلیمی متنوع شده است. این ویژگی موجب وابستگی مکانی پدیده‌ها و رویدادهای اقلیمی شده است. بدین ترتیب هر پدیده اقلیمی از الگوی مکانی برخوردار بوده و تمام ویژگی‌ها و مؤلفه‌های مکان در آن تجلی می‌یابد. با توجه به این نکته و براساس جایگاه ویژه و مهم مکان در تعریف علم «آب و هواشناسی»، ضرورت واکاوی تغییرات مکانی عناصر و پدیده‌های اقلیمی در مطالعات مختلف اقلیمی مورد توجه می‌باشد.

در بررسی پدیده‌های جوی، بارندگی از مهمترین عناصر اقلیمی است که تغییرات مکانی و زمانی زیادی دارد (جامعی و همکاران،۱۳۹۳: ۶۲۶) و در قیاس با پدیده‌های اقلیمی دیگر از پیچیدگی پویشی چشم‌گیرتری برخوردار است (محمدی و همکاران،۱۳۸۹: ۴۷). مطالعه‌ی وفهم رفتار زمانی و مکانی بارش در حفظ منابع آبی حاصل از بارش و پیشگیری از وقوع سیلاب، و نیز تامین منابع آبی مورد نیاز در صنعت و کشاورزی، اهمیت بسزایی دارد.

[۱].دانشیارو عضو هیات علمی دانشگاه زنجان
[۲].دانشجوی دکترا دانشگاه زنجان
[۳]. دانشجوی دکترا دانشگاه زنجان(نویسنده مسئول) Email: shahbai2008@yahoo.com - Tel: 09101020586

مطالعه تأثیرگذاری‌های پیچیده‌ی مکان و رفتارهای حاصل از آن زمینه‌ساز توجه به روش‌های تحلیل فضایی شده است. کاربرد صحیح این روش‌ها، مدل‌بندی و شبیه‌سازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی را امکان‌پذیر ساخته است (گندمکار و همکاران، ۱۳۹۳: ۴۱). بنابراین یکی از روش‌های مطالعه رفتارهای بارش استفاده از روش‌های تحلیل فضایی و مدل‌سازی فضایی از جمله روش‌های رگرسیونی می‌باشد. این روش‌ها به علت در نظر گرفتن همبستگی و ساختار مکانی داده‌ها اهمیت زیادی دارند تا جایی که می‌توان موقعیت مکانی نمونه‌ها را همراه با مقدار کمیت مورد نظر، یک‌جا مورد تحلیل قرار داد (ذبیحی و همکاران،۱۳۹۰: ۱۰۱). با کمک روش‌های تحلیل فضایی می‌توان همبستگی فضایی و جهت توزیع و پراکندگی یک رویداد را بررسی نمود. با استفاده از این شگردها می‌توان خوشه ای بودن یا نبودن و یا تصادفی بودن پراکنش پدیده‌ها را استنباط نمود (ستوده،۱۳۹۴: ۶۳). همچنین روش‌های رگرسیونی ابزاری مناسب برای کشف روابط میان مؤلفه‌های مکانی و عناصری اقلیمی محسوب می‌شوند. یکی از روش‌های رگرسیونی مناسب در تحلیل اثرات مؤلفه‌های مکانی بر پدیده اقلیمی، روش رگرسیون جغرافیایی وزن دار[1] می‌باشد.

آب و هواشناسان و نیز پژوهشگران رشته‌های دیگر اثرات مکان بر بارش را مورد توجه قرار داده و انواع روش‌های مدل‌سازی فضایی رابکار گرفته اند. از میان این پژوهشگران می‌توان به برونسدون[2] و همکاران(۲۰۰۱)، خلیلی و همکاران (۲۰۰۶)، کروچت[3] و همکاران(۲۰۰۷)، علیجانی و همکاران(۲۰۰۸)، رانهو[4] و همکاران (۲۰۰۸)، کای[5] و همکاران (۲۰۱۱)، بریست[6] و همکاران(۲۰۱۱)، گایتن[7] و همکاران (۲۰۱۴)، عساکره(۱۳۸۴، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷)، بندرآبادی و ثقفیان(۱۳۸۶)، رضیئی و عزیزی(۱۳۸۷)، عساکره و سیفی‌پور(۱۳۹۱، ۱۳۹۲)، صفرراد و همکاران (۱۳۹۲)، فرناز پور و همکاران(۱۳۹۲)، علیجانی و همکاران(۱۳۹۴) و یاراحمدی و همکاران(۱۳۹۴) اشاره کرد.

مروری بر مطالعات پیشین این مسأله را نشان می‌دهد که عنصر اقلیمی بارش دارای رفتاری ناایستاست که بخش وسیعی از این ناایستایی نتیجه‌ی تأثیرپذیری بارش از ویژگی‌های مکانی بوده و الگوی پیچیده سازمان مکانی، سبب بروز رفتارهای پیچیده در بارش شده است. اهمیت بارش به عنوان منبع آبی کشور و کاهش روز افزون ذخایر آبی کشور، لزوم مطالعه رفتارهای بارش را می‌طلبد. در مطالعه حاضر با کمک روش‌های آمار فضایی، الگوی مکانی بارش‌های بهاره شمال غرب کشور بررسی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

محدوده‌ی مورد مطالعه در این پژوهش مناطق شمال غربی ایران (استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، کردستان و زنجان) را شامل می‌شود (شکل ۱). برای انجام این پژوهش از داده‌های ماهانه‌ی بارش در ۱۲۱ ایستگاه همدید، اقلیم شناسی و باران-سنجی برای دوره‌ی ۲۰۱۴-۱۹۹۴ استفاده شده است. این داده ها از سازمان هواشناسی کشور دریافت شده اند.

با توجه به هدف پژوهش، در نخستین گام، داده‌های مورد استفاده از نظر صحت و همگنی مورد ارزیابی قرار گرفته و بعد از اطمینان از کیفیت داده ها، به منظور انجام تحلیل فضایی بارش‌ها، با استفاده از نقشه رقومی ارتفاع در محیط نرم افزار ArcGIS، داده‌های مربوط به شیب و جهت شیب استخراج شد.

---

[1]-Geographically Weighted Regression

[2]-Brunsdon

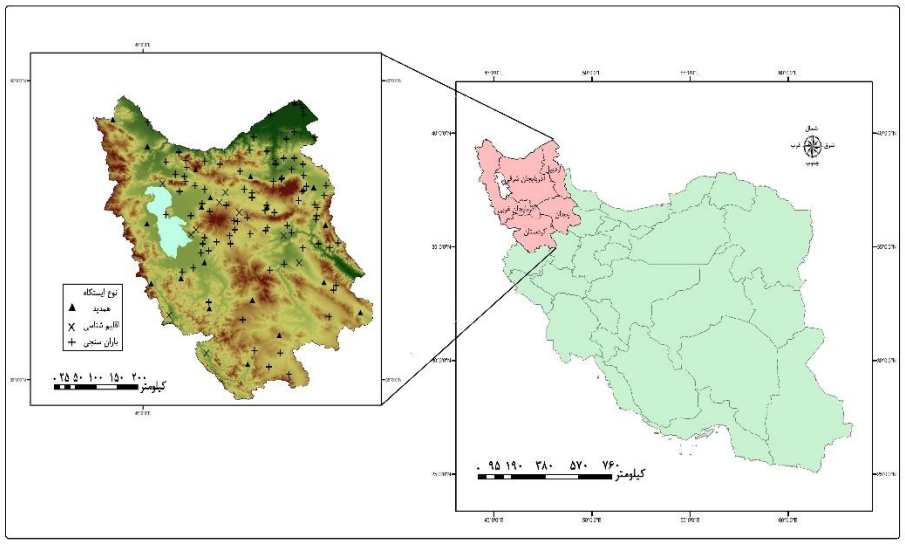
[3]-Crochet

[4] -Ranhao

[5] -Kai

[6]-Brissette

[7]- Gaitans



شکل(۱)محدوده‌ی مورد مطالعه در پژوهش

در مرحله‌ی بعد به منظور تحلیل ساختار فضایی بارش و بررسی درجه تشابه میان داده‌های ۱۲۱ نقطه‌ی ایستگاهی از شاخص همبستگی فضایی نیم تغییرنما[1] استفاده شد. این آماره، مهمترین ابزار همبستگی فضایی بین داده‌هاست (حکمت‌نژاد و حسنی پاک،۱۳۹۰: ۱۱) و به وسیلهٔ مدلی ریاضی پیوستگی مکانی یک متغیر را تشریح می‌کند. در قالب این مدل، وابستگی بین نقاط را تا فاصله مشخصی بیان می‌کند. این آماره از رابطه زیر بدست می‌آید (بیاو و همکاران، ۱۹۹۹: ۱۲۰):

$$2Y(h)=\frac{1}{N(h)}\sum_{i=1}^{N(h)}[z(x_i+h)-z(x)]^2 \qquad (۱)$$

در رابطه‌ی فوق در صورت در نظر نگرفتن $\frac{1}{N(h)}$ تغییرنما حاصل می‌شود. در این رابطه، Y(h) مقدار نیم‌تغییرنما برای جفت نقاطی که به فاصله‌ی h از هم قرار دارند.N (h) تعداد زوج نقاطی است که به فاصله h از هم قرار دارند.$Z(x_i)$ مقدار مشاهده شده متغیر در نقطه x است. $Z(x_i+h)$ مقدار مشاهده شده‌ی متغیری است که به فاصله h از x قرار دارد. اگر نقاط در شبکه‌های منظم و با فواصل مساوی قرار داشته باشند نیم‌تغییرنما بر اساس میانگین حسابی فواصل محاسبه و برآورد می‌گردد. در حالت دیگر که وضعیت معمول است و بر ایستگاه‌های هواشناسی صدق می‌کند پراکندگی نقاط فاقد نظم می‌باشد، بنابراین معادلات تعدیل‌یافته و میانگین وزن دار نقاط برآورد می‌شود (عساکره،۱۳۸۷: ۲۵) و مقدار h برابر با میانگین فواصل جفت نقاط در هر گام مکانی است. یک نیم‌تغییرنمای ایده‌آل مشتمل بر سه فراسنج اثر قطعه‌ای، آستانه و شعاع تأثیر است. اثر قطعه‌ای یکی از اجزای نیم تغییرنما محسوب شده که در واقع همان عرض از مبدأ است و بیانگر مؤلفه‌های تصادفی بدون ساختار می‌باشد (خسروی، ۷۷:۱۳۹۵). بنابراین هر چقدر به صفر نزدیک باشد ایده‌آل‌تر است. مقدار دامنه، گویای فاصله‌ای است که در این فاصله نمونه‌ها دارای پیوستگی مکانی بوده و بعد از آن نمونه‌ها مستقل از هم رفتار می‌کنند. در پژوهش حاضر، با استفاده از طول و عرض جغرافیایی هر نقطه ایستگاهی و بارش‌های هر نقطه، نیم‌تغییرنمای تجربی برای سه ماه آوریل، می‌و ژوئن در محیط نرم‌افزار Variowin2.2 ترسیم شد و سپس مدل‌های تئوریک گوناگون برازش داده شد و مدل نمایی به عنوان بهترین مدل برای هر ماه انتخاب شد.

[1]-Semi Variogram

برای تحلیل عوامل مکانی تأثیرگذار بر بارش بهاره‌ی شمال‌غرب، مدلی رگرسیونی بر داده ها برازش شد که خروجی آن مشخص کننده مؤلفه یا مؤلفه‌های مؤثر بر وقوع بارش بهاره با توجه به متغیرهای توضیحی شیب، جهت شیب، ارتفاع و عرض جغرافیایی می‌باشد.

در بررسی اثرات مؤلفه‌های مکانی بر رفتار بارش از مدلسازی فضایی استفاده می‌شود که در آن، رابطه هر یک از مؤلفه‌های مکانی را بر پدیده مورد بررسی نمایش می‌دهد. در این بخش از روش هایی مانند آماره T استیودنت و رگرسیون جغرافیایی وزن دار استفاده شده است. آماره‌ی T برای مقایسه‌ی داده‌های نمونه با جامعه استفاده می‌شود تا تصادفی بودن یا معنادار بودن آن‌ها مشخص گردد. در پژوهش حاضر فرض بر سنجش مناطق معنادار و فاقد معنا است. بنابراین از آزمون دو طرفه استفاده شده است که در آن محدوده میان ۱/۹۶± غیر معنادار و بالاتر و پایین‌تر از این بازه معنادار می‌باشند.

رگرسیون جغرافیایی وزن دار برای برآورد پارامترهای هر نقطه از مشاهدات اطراف آن نقطه استفاده می‌شود که به مشاهدات نزدیک-تر وزن بیشتر و به مشاهدات دورتر وزن کمتری داده می‌شود. رگرسیون جغرافیایی وزن دار به صورت زیر تعریف می‌شود (فوترینگهام و همکاران ۵۲:۲۰۰۲).

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_k \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + e_i \qquad (۱۰)$$

در فرمول فوق(u_i, v_i) مختصات نقطه iام در مکان می‌باشد. پارامترها از فرمول زیر برآورد می‌شود:

$$\hat{\beta}(u_i, v_i) = (X^T W(u,v) X^{-1} X^T W(u,v) \qquad (۱۱)$$

که در آن $\hat{\beta}(u,v)$ برآوردی از β و $W(u,v)$ ماتریس وزن‌ها می‌باشد.

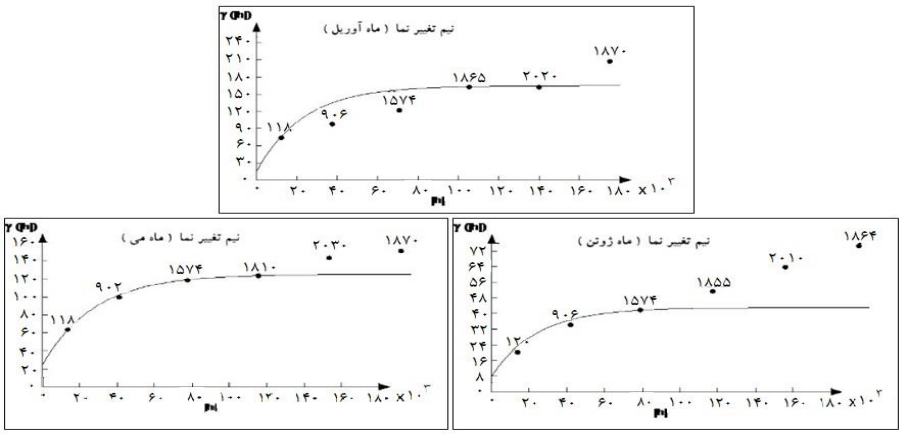
یافته ها و بحث

همبستگی فضایی بارش بهاره

جدول شماره ۱ نتایج مربوط به نیم تغییرنما را برای سه ماه آوریل، می‌و ژوئن نشان می‌دهد.

جدول۱: نتایج مدل برازش یافته نیم‌تغییرنما برای سه ماه آوریل، می‌و ژوئن

ماه	مدل	اثر قطعه‌ای	حدآستانه	دامنه تأثیر (کیلومتر)
آوریل	نمایی	۱۵	۱۵۰	۷۰
می	نمایی	۲۵	۱۰۰	۷۶
ژوئن	نمایی	۸	۳۵	۶۵



شکل (۲)نمودار نیم تغییرنمای برازش داده شده در سه ماه آوریل، می‌و ژوئن

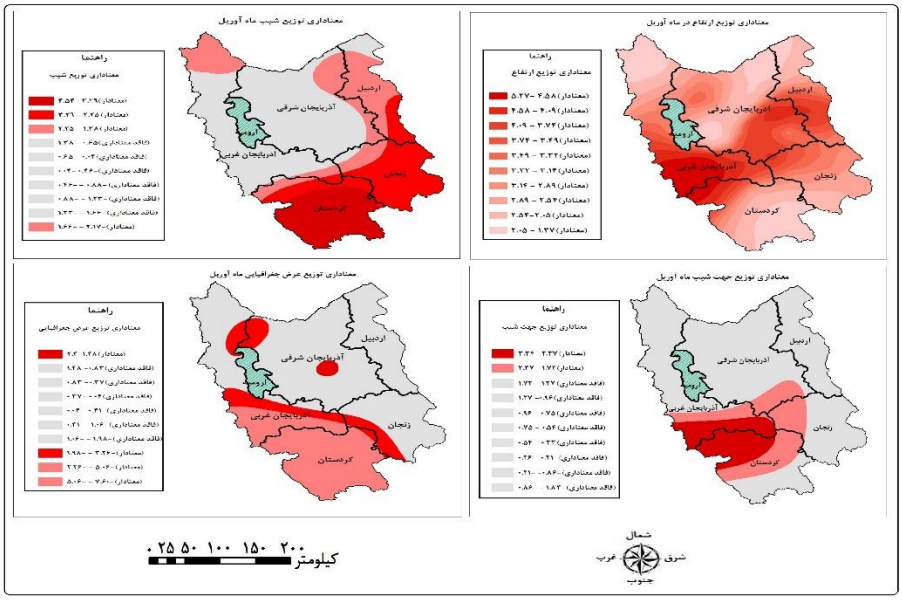
با بررسی اطلاعات جدول ۱ و شکل ۲ مشخص می‌شود که در ماه آوریل، اثر قطعه‌ای برابر با ۱۵ می‌باشد. مقدار این فراسنج برای ماه‌های می‌و ژوئن به ترتیب برابر با ۲۵ و ۸ است. این مقادیر نشان می‌دهند که در ماه‌های فصل بهار (به ویژه ماه‌های آوریل و می) بخشی از روابط و اثرات بین مولفه‌های مکانی و بارش تصادفی بوده و از الگوی خاصی تبعیت نمی کند. در ماه‌های آوریل، می‌و ژوئن مقدار پارامتر دامنه تاثیر به ترتیب ۷۰، ۷۶ و ۶۵ کیلومتر محاسبه شده است. بنابراین در ماه می‌همبستگی مکانی نقاط، گسترده تر از ماه‌های آوریل و ژوئن است. حد آستانه یکی دیگر از فراسنج‌های نیم تغییر نما است که مقادیر آن برای ماه‌های آوریل تا ژوئن به ترتیب برابر با ۱۵۰، ۱۰۰، ۳۵ می‌باشد. بررسی این اعداد مشخص می‌کند که در ماه ژوئن نسبت به ماه آوریل و می‌نیم تغییر نما زودتر به حد ثابت رسیده و شعاع تأثیر در آن کاهش یافته است. در نتیجه میزان پراش فضایی در ماه ژوئن چندان قابل توجه نیست و کلیت تغییرات بارش در ایستگاه‌های ناحیه مشابه هم می‌باشد. تغییرات نمودار نیم تغییر نما در ماه-های آوریل، می‌و ژوئن نشان می‌دهد که همبستگی فضایی میان نقاط ایستگاهی از ماه آوریل به سمت ماه ژوئن دارای روندی کاهشی بوده و ساختار مکانی نقاط در ماه آوریل بیشتر از دو ماه می‌و ژوئن است. این بدین معناست که سامانه‌های بزرگ مقیاس در ماه آوریل محدوده مورد بررسی را در برگرفته و بر رفتار بارش منطقه اثرگذار بوده است؛ با توجه به اینکه در ماه آوریل به دلیل حضور بادهای باران-زای غربی در پهنه مورد مطالعه که اکثر نقاط مطالعاتی را در بر می‌گیرد، اکثر نقاط ایستگاهی با هم همبسته بوده و این عامل موجب شده است که دامنه تأثیر در این ماه بیشتر از ماه‌های می‌و ژوئن شود.

عوامل مکانی بارش‌های بهاره

در این بخش توزیع آمارهT برای هر متغیر مستقل(ارتفاع، شیب، جهت شیب، عرض جغرافیایی) و ضریب تعیین(R^2) برای سه ماه آوریل، می‌و ژوئن محاسبه شده و نقشه‌های مربوط به هر متغیر برای هر ماه تهیه گردید. در نقشه‌های ترسیم شده، مناطق خاکستری فاقد معناداری و مناطق قرمز معنادار می‌باشند. ضریب تعیین نشان می‌دهد که چند درصد از تغییرات متغیر تابع توسط متغیر(های) توضیحی توجیه می‌شود.

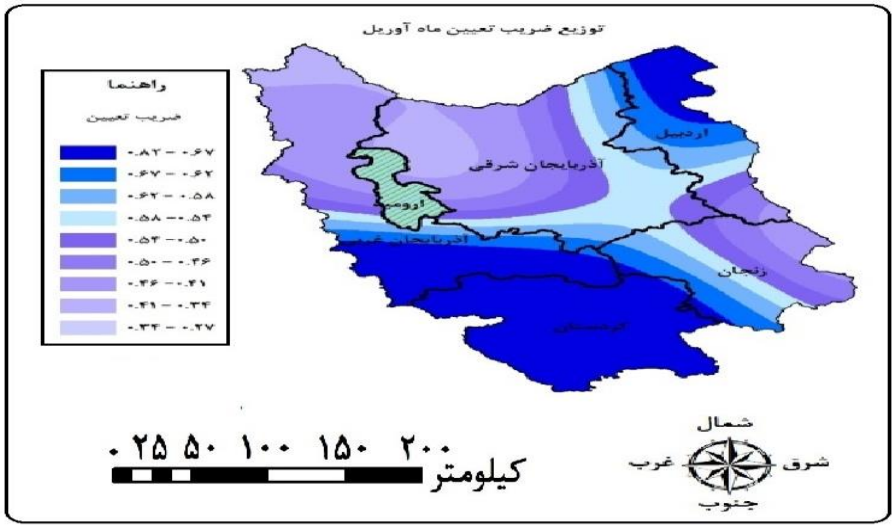
ماه آوریل

با بررسی نقشه‌های ماه آوریل (شکل ۳) مشخص می‌شود که در این ماه، تأثیر ارتفاعات بر تغییرات بارش در تمام بخش‌های پهنهٔ مورد بررسی معنادار باشد. بیشترین معناداری عامل ارتفاع در بخش‌های مرکزی محدوده دیده می‌شود. این امر احتمالاً به دلیل تراکم توده‌های کوهستانی در این بخش و عبور سامانه‌های بارش‌زا از این بخش از پهنه است. در بخش‌هایی از شمال ناحیهٔ مورد بررسی (شمال آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و اردبیل) میزان معناداری عامل ارتفاع کاهش می‌یابد، ولی این عامل همچنان نقش مهمی ایفا نموده و به لحاظ آماری همچنان معنادار است. این کاهش را می‌توان به ویژگی‌های توپوگرافی این بخش ها نسبت داد. توضیح این که این بخش ها هموار و شامل دشت و جلگه بوده و کم ارتفاع‌تر از سایر بخش ها می‌باشند. عامل عرض جغرافیایی در بخش‌های جنوب-غربی ناحیه مورد بررسی (جنوب آذربایجان‌غربی، کردستان و زنجان) و به صورت پراکنده‌تر شمال دریاچه ارومیه تأثیر معناداری دارد و به نظر می‌رسد این امر در ارتباط با مسیر اصلی سامانه‌های بارش‌زا از بخش‌های جنوبی محدوده باشد. این موضوع با نقشه‌های شیب و جهت شیب هماهنگی دارد. اثر عامل شیب بر بارش، در تمام کردستان، زنجان و اردبیل مشهود است. در پژوهش حاضر، عامل جهت شیب در ماه آوریل، در بیشتر پهنه مطالعاتی معنادار نبوده و تنها در قسمت‌های جنوب غرب ناحیه مورد بررسی (جنوب آذربایجان غربی و نیمه‌ی شمالی کردستان) معنادار می‌باشد، این بخش ها جهت شیب شمال‌شرق- جنوب‌غرب دارند. در آذربایجان غربی، ارتفاعات با جهت شمال-جنوب و جهت شیب شرقی- غربی، همچون دیواری طویل و مرتفع مانع نفوذ توده‌های باران‌زا می‌شوند.



شکل (۳). توزیع آماره T برای هر متغیر مستقل در ماه آوریل

شکل شماره ۴، ضریب تعیین را برای ماه آوریل نشان می‌دهد. با بررسی نقشه‌ی ضریب تعیین مشخص می‌شود که در این ماه مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی از توانایی بالایی برای تبیین تغییرات بارش بر اساس نقش متغیرهای توضیحی به‌کار رفته در مدل، برای بخش بزرگی از محدوده‌ی مورد مطالعه، برخوردار می‌باشد. در بیشتر بخش‌های جنوب غرب، جنوب، مرکز و شمال شرقی منطقه بین ۴۵ تا ۸۲ درصد تغییرات مکانی بارش، توسط مدل تبیین شده که رقم قابل توجهی محسوب می‌گردد. بالاترین ضریب تعیین مربوط به کردستان، جنوب اردبیل، آذربایجان غربی و شرقی، شمال زنجان بوده است؛ زیرا عبور سامانه‌های بارشی در این نواحی نسبت به دیگر نواحی محدوده مطالعاتی بیشتر بوده و با توجه به این مسأله و ویژگی‌های توپوگرافی در این نواحی، زمینه ساز وقوع بیشتر بارش در مناطق نام برده می‌شود و به نظر می‌رسد مدل ایجاد شده با توجه به شرایط بارش در ماه آوریل، برای مناطق ناهموار و همچنین مناطقی که وقوع بارش در آن ها به میزان زیادی تابع قرارگیری مسیرهای چرخندهاست، بهتر عمل نموده است.

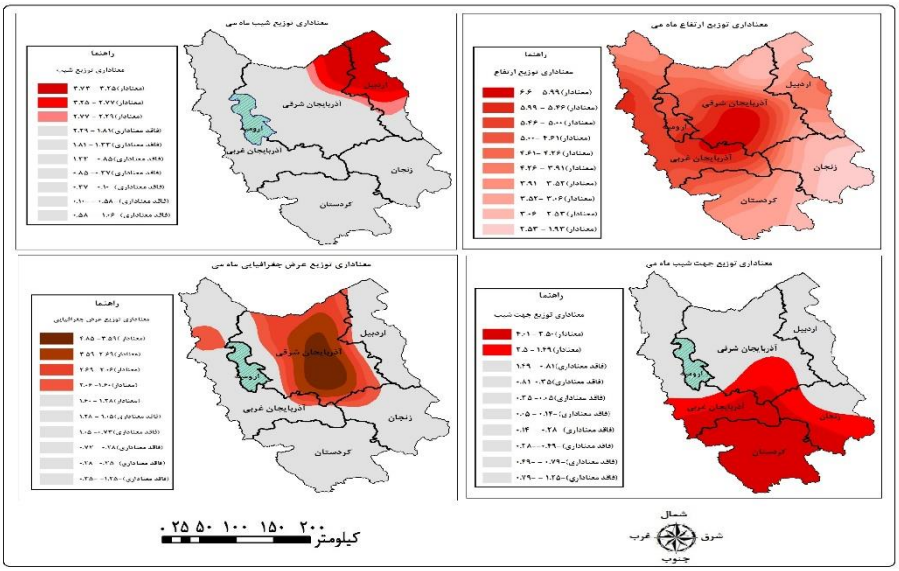


شکل (۴). ضریب تعیین مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی در ماه آوریل

ماه می

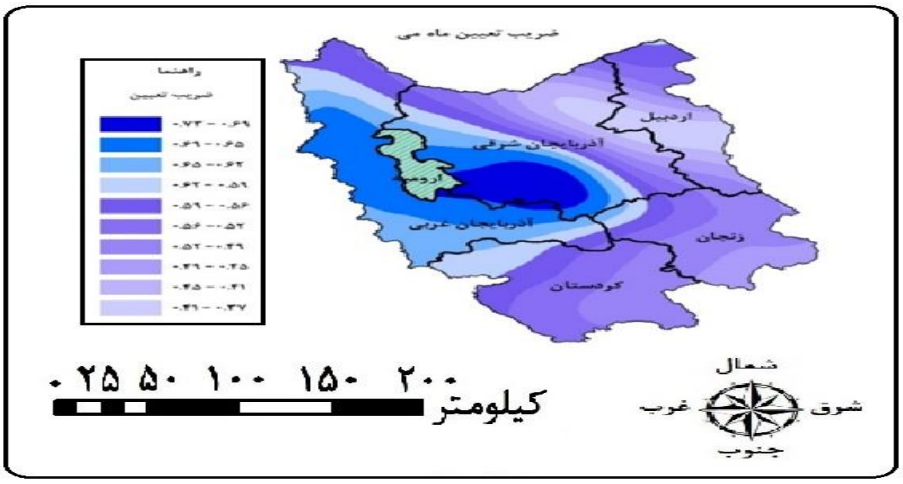
همانند ماه آوریل، در ماه می‌نیز اثر ارتفاع بر بارش در تمام بخش‌های منطقه معنادار است، بیشترین میزان معناداری در بخش‌های غربی و مرکزی (بویژه در بخش‌های مرکزی) ناحیه متمرکز شده است که کاملاً منطبق بر توده‌های کوهستانی است. با توجه به جابجایی تدریجی بادهای غربی به بخش‌های شمالی‌تر منطقه و تابش عمودی آفتاب بر دامنه‌های آفتاب‌گیر، نقش ارتفاعات در ایجاد بارش‌های همرفتی پررنگ‌تر شده و مناطق کم ارتفاع بارش‌های کمتری دریافت خواهند کرد. کاهش بارش در مناطق کم ارتفاع و تضعیف نقش عوامل همدید، سبب کاهش معناداری اثر ارتفاع در این مناطق می‌شود.

شکل شماره ۵ توزیع آماره T متغیرهای توضیحی را برای ماه می‌نشان می‌دهد. بررسی نقشه‌ی مربوط به عامل عرض جغرافیایی، نشان می‌دهد اثر این عامل در نیمه‌ی شمالی محدوده مورد بررسی معنادار است اهمیت این فراسنج را می‌توان با محل قرارگیری بادهای غربی در این ماه توجیه کرد.



شکل ۵. توزیع آماره T برای هر متغیر مستقل(جهت شیب، ارتفاع، شیب، عرض جغرافیایی)در ماه می

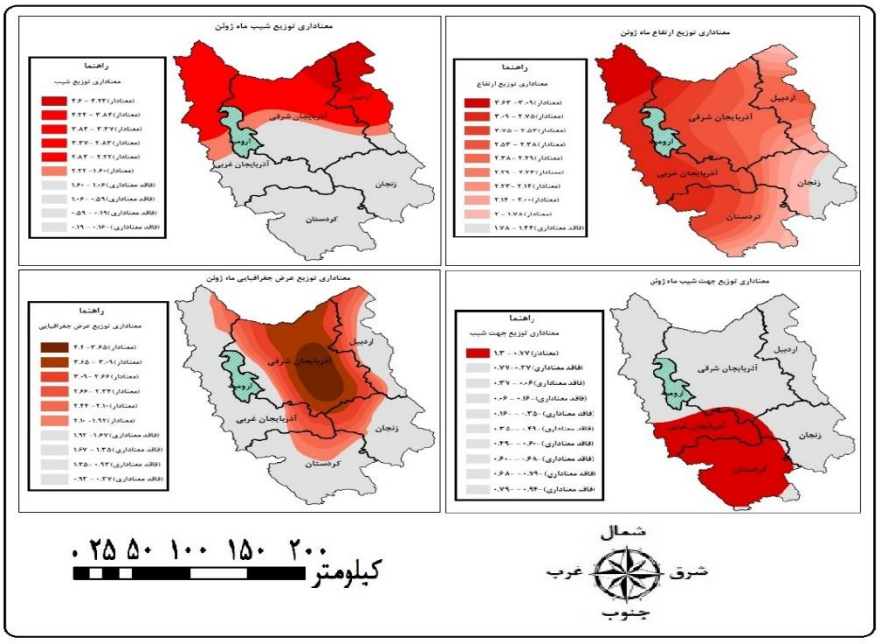
در این ماه بادهای غربی به سمت عرض‌های بالاتر جابجا شده و بیشترین تأثیر خود را در نیمه‌ی شمالی برجای می‌گذارند، به همین دلیل با حرکت از جنوب به شمال، بر اثر افزایش عرض جغرافیایی، بر میزان بارش افزوده می‌شود که این موضوع موجب معناداری این عامل در این مناطق شده است. معناداری توزیع شیب در ماه می، تنها به بخش شمال‌شرقی پهنهٔ مورد بررسی محدود می‌باشد. این وضعیت را می‌توان به میزان شیب سطح زمین نسبت داد. موقعیت جغرافیایی این همسایگی سرزمین‌های متباین نظیر مجاورت مناطق نسبتاً مرتفع در کنار جلگه‌های پست و تابش عمودی آفتاب بر دامنه‌های این محدوده و حضور رطوبت بادهای غربی سبب تأثیر مثبت در بارش شده است. به دلیل تابش بیشتر آفتاب در شیب‌های جنوبی، گرمایش سطح آن ها افزایش یافته و انرژی آن‌ها بر تکوین سامانه‌های محلی موثر می‌باشد. از این رو معنادار آماری جهت شیب مناطق جنوبی توجیه پذیر خواهد بود. مدل برازنده برای این ماه با دقت خوبی شرایط بارشی منطقه را تبیین نموده است، در اکثر مناطق میزان ضریب تعیین بین ۴۰ تا ۷۲ درصد بوده است. علیرغم بزرگی مقادیر ضریب تعیین در این ماه، این مقادیر نسبت به ماه آوریل اندکی کاهش یافته است. این امر را می‌توان به برتری ماهیت غیر سیستماتیک بارش‌ها در این ماه نسبت داد (شکل ۶).



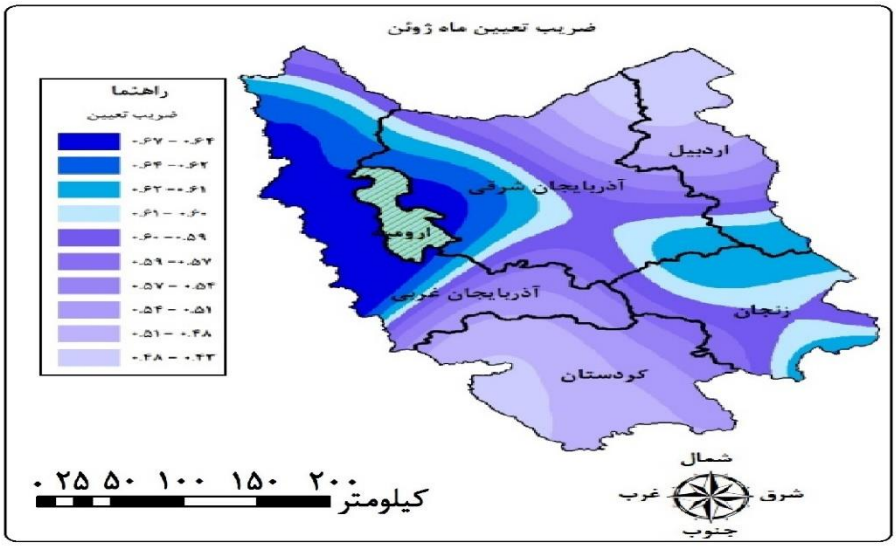
شکل(۶). ضریب تعیین مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی در ماه می

ماه ژوئن

شکل ۷ توزیع آماره T متغیرهای توضیحی را برای ماه ژوئن نشان می‌دهد. در این ماه به جز بخش‌هایی از جنوب شرق پهنهٔ مورد بررسی (نیمه‌ی شرقی استان زنجان) در سایر بخش ها اثر ارتفاعات بر ایجاد بارش معنادار است. در این ماه شرایط برای وقوع همرفت دامنه ای تا حدودی مهیاست. در بخش‌های جنوب شرقی محدوده به دلیل افزایش شرایط خشکی و خروج بادهای غربی، نقش ارتفاعات در ایجاد بارش کاهش یافته است. در بخش‌های شمال غربی ناهمواری‌ها در مسیرعبور بادهای غربی قرار گرفته اند. بدین دلیل به نظر می‌رسد بیشترین تأثیر ناهمواری‌ها در این ماه مشاهده شود. زیرا در این ماه، این بخش محل گذر بادهای باران آور است. نقش عرض جغرافیایی در میزان بارش نیز نسبت به ماه قبل تغییر محسوسی نیافته است، این عامل همچنان در نیمه‌ی شمالی منطقه، بالاترین میزان همبستگی را با بارش نشان می‌دهد. تأثیرات عامل عرض جغرافیایی در ماه ژوئن همانند ماه می‌بوده است. بدین ترتیب حضور بادهای غربی و فراهم شدن شرایط همرفت دامنه‌ای، زمینه ساز بارش در محدوده شمالی و مرکزی پهنه مطالعاتی شده است. در این ماه معناداری عامل شیب به نیمه‌ی شمالی منطقه محدود شده است و تنها در نیمه‌ی شمالی استان‌های آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی و اردبیل اثرگذار است. در واقع با کاهش عملکرد همرفت دامنه‌ای و جابجایی بادهای غربی به یک سوم بخش شمالی منطقه، شیب‌های شمالی منطقه رابطهٔ موثری با بارش نشان می‌دهند. معناداری جهت شیب به ارتفاعات جنوب‌غربی منطقه نیز محدود شده است و وسعت آن نسبت به ماه می‌کاهش یافته‌است. این موضوع نشان می‌دهد هرگاه هوای مرطوب وارد این محدوده شود شرایط وقوع صعود مکانیکی در این ماه از سال مهیا است. ضریب تعیین مدل از نظر مقدار در بازه‌ی ۴۳ تا ۶۷ درصد قرار دارد. بالاترین میزان ضریب تعیین ۶۷ درصد (بخش‌های شمال غرب و غرب) بوده است. این ویژگی با موقعیت جغرافیایی و توپوگرافیک این ناحیه در ارتباط است. در این ماه پهنهٔ مورد بررسی از بارش‌های کمی برخوردار است که احتمالاً حاصل همرفت‌های موقتی در نواحی کوهستانی است. از این رو مدل، توانایی بهتری در برآورد شرایط آن داشته باشد (شکل ۸).



شکل (۷). توزیع آماره T برای هر متغیر مستقل در ماه ژوئن



شکل (۸). ضریب تعیین مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی در ماه ژوئن

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر تلاش شد تا با استفاده از روش‌های تحلیل فضایی و مدل سازی به روش رگرسیون موزون جغرافیایی، ضمن ارائه‌ی شرایط تغییرپذیری مکانی، نقش عواملی نظیر ارتفاع، عرض جغرافیایی، شیب و جهت آن در تغییرات مکانی بارش‌های بهاره‌ی شمال غرب ایران مشخص شود.

با بررسی داده‌های مذکور در ماه‌های فصل بهار مشخص شد که فعالیت و گسترش بادهای غربی در همراهی با افزایش میزان شار تابشی خورشید طی ماه آوریل برای همراهی با همرفت دامنه ای بیشترین نقش را در تکوین بارش بویژه در ماه‌های آوریل و می‌داشته اند. با نزدیک شدن به انتهای فصل بهار و به ویژه در ماه ژوئن با کاهش نقش سامانه‌های فعال جوی و کاهش رطوبت در سطح منطقه، میزان شعاع تاثیر کاهش یافته و همبستگی‌های مکانی بارش ها در ارتباط با عوامل مکانی به میزان چشمگیری کاهش می‌یابد.

استفاده از پارامترهای رگرسیون جغرافیایی وزن دار مانند آماره‌ی T و بررسی شرایط معناداری مکانی مدل نیز نشان داد که عامل ارتفاع در تمام محدوده مطالعاتی بر بارش اثرگذار بوده است. زیرا تراکم ارتفاعات در یک ناحیه و جهت گیری آن ها در برابر سیستم‌های باران زا موجب صعود و تراکم هوای مرطوب شده و در ایجاد بارش نقش مهمی ایفا می‌کنند. همچنین مشخص شد علاوه بر تراکم ارتفاعات، در بخش هایی از کردستان و جنوب آذربایجان غربی، جهت شیب بر بارش مؤثر می‌باشد؛ زیرا جهت دامنه‌ها در این بخش زمینه ساز صعود دینامیک هوای مرطوب می‌باشد. در اردبیل و شمال آذربایجان شرقی عامل شیب نیز مؤثر است. شیب این بخش ها سبب تسریع در صعود توده‌های هوای مرطوب می‌شوند. اثرات عامل عرض جغرافیایی بر بارش در طی فصل بهار متفاوت است و میزان اثرگذاری آن منطبق بر حضور بادهای غربی بوده است. این عامل طی ماه آوریل در کردستان و در ماه‌های می و ژوئن در آذربایجان شرقی بیشترین تاثیر را داشته است.

یافته‌های این پژوهش در مورد نقش عوامل مکانی در تغییرپذیری بارش ها با نتایج پژوهش‌های دیگر محققان از جمله صفرراد و همکاران (۱۳۹۲)، یاراحمدی و همکاران (۱۳۹۴)، عساکره و سیفی پور (۱۳۹۱)، ستوده و علیجانی (۱۳۹۴) مطابقت دارد. بر اساس یافته‌های این پژوهش می‌توان نقش عوامل مکانی در مناطق مختلف را مشخص کرد که بر اساس آن می‌توان برنامه ریزی‌های مختلفی در زمینه‌های استفاده‌ی بهینه از توان‌های محیطی در بخش‌های گوناگون انجام داد.

منابع

- جامعی، مژده؛ موسوی بایگی، محمد؛ بنایان اول، محمد (۱۳۹۳)، اعتبار سنجی برآوردهای بارندگی روزانه شبکه APHRODIT و برآوردهای حاصل از درونیابی مکانی بارندگی در استان خوزستان، *نشریه آب و خاک(علوم و صنایع کشاورزی)*، شماره ۳ ،صص ۶۳۸-۶۲۶.
- حکمت‌نژاد، امین؛ حسنی پاک، علی اصغر (۱۳۹۰)، تخمین توزیع عیار مس بااستفاده از تخمینگر غیر خطی کریجینگ انفصالی مطالعه موردی: معدن مس سونگون، *نشریه علمی پژوهشی مهندسی معدن*، صص ۱۹-۱۱.
- خسروی، یونس؛ عباسی، اسماعیل (۱۳۹۵)، ***تحلیل فضایی داده‌های محیطی با زمین آمار***، چاپ اول، زنجان، آذر کلک.
- ذبیحی، علی رضا؛ سلیمانی، کریم؛ شعبانی، مرتضی؛ آبروش، صادق (۱۳۹۰)، بررسی توزیع مکانی بارش سالانه با استفاده از روش‌های زمین آمار(مطالعه موردی استان قم))، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، شماره ۷۴، صص ۱۱۲-۱۰۱.
- رضیئی، طیبه؛ عزیزی، قاسم (۱۳۸۷)، بررسی توزیع مکانی بارندگی فصلی و سالانه در غرب ایران با استفاده از روشهای تحلیل مؤلفه های اصلی و خوشه بندی، *پژوهشهای جغرافیای طبیعی*، شماره ۶، صص ۱۵-۱.
- ستوده، فاطمه؛ علیجانی، بهلول (۱۳۹۴)، رابطه‌ی پراکندگی فضایی بارش‌های سنگین و الگوهای فشار در گیلان، تحلیل فضایی *مخاطرات محیطی*، شماره۱، صص ۷۳-۶۳.
- سیفی‌پور، زهره (۱۳۸۹)، مدل‌سازی مکانی بارش در ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان، دانشکده علوم انسانی.
- صفرراد، طاهر؛ فرجی سبکبار، حسنعلی؛ عزیزی، قاسم؛ عباسپور، رحیم علی(۱۳۹۲)، تحلیل مکانی تغییرات بارش در زاگرس میانی از طریق روش‌های زمین آمار(۲۰۰۴-۱۹۹۵)، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۳۱، صص ۱۶۴-۱۴۹.
- عساکره، حسین (۱۳۸۳)، مدل سازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی مطالعه موردی : بارش سالانه استان اصفهان، *تحقیقات جغرافیای*، شماره74 ، صص ۲۳۱-۲۱۳.
- عساکره، حسین(۱۳۸۶)، تغییرات زمانی-مکانی بارش ایران طی دهه‌های اخیر، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۰، صص ۱۶۴-۱۴۵.
- عساکره، حسین(۱۳۸۷)، کاربرد روش کریجینگ در میان‌یابی بارش مطالعه موردی: میان‌یابی بارش ۱۳۷۶/۱۲/۲۶ در ایران زمین، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۲، صص ۴۲-۲۵.
- عساکره، حسین؛ سیفی‌پور، زهره(۱۳۹۱)، مدل‌سازی مکانی بارش سالانه‌ی ایران، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۲۹، صص ۳۰-۱۵.
- عساکره،حسین؛ سیفی‌پور، زهره (۱۳۹۲)، توصیف ساختار مکانی بارش سالانه ایران، *تحقیقات جغرافیایی*، شماره۴، صص ۳۰-۱۵.
- علیجانی، بهلول؛ دوستکامیان، مهدی؛ اشرفی، سعیده؛ شاکری، فهیمه (۱۳۹۴)، بررسی تغییرات الگوهای خود همبستگی فضایی درون دهه‌ای بارش ایران طی نیمه قرن اخیر، *جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای*، شماره ۱۴، صص ۸۸-۷۱.
- فرناز پور، اصغر؛ جهانبخش، سعید؛ ساری صراف، بهروز؛ قائمی، هوشنگ؛ تدینی، معصومه (۱۳۹۲)، پهنه بندی رژیم بارش در نیمه‌ی جنوبی ایران، *جغرافیا و برنامه ریزی*، شماره ۴۴، صص ۲۷-۴۶.
- گندمکار، امیر؛ دانشور، فاطمه؛ اورنگی، محمود (۱۳۹۳)، مدل‌سازی رابطه زیست اقلیمی انسان با ارتفاع مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویر احمد، *فضای گردشگری*، شماره ۱۳، صص ۵۷-۴۱.
- محمدی، بختیار؛ مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۹)، تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران مطالعه موردی: آبان ماه ۱۳۷۳، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۹، صص ۷۰-۴۰.

- یار احمدی،داریوش؛ خلیلی، منصور؛ زارعی چقابلکی،زهرا (۱۳۹۴)، تحلیل فضایی بارش ماهانه شمال‌غرب با استفاده از آماره خود همبستگی فضایی، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، شماره۳، صص ۴۶۴-۴۵۱.

- Alijani, Bohlol; O'Brien, James; Yarnal, Berent,(2008), Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran, Theor Appl. Climatol, Vol. 94, pp: 107-124.
- Biau, Gerald; Zortia, Ednardo; Von Storeh, Hans; Wackernagel, Hans(1999), Estimation of precipitation by kriging in space the sea Level pressure field, Journal of Climate. Vol 1200, pp: 168-199.
- Brunsdon, Chris; McClatchey John, Unwin, David (2001), Spatial Variation in the Average Rainfall-Altitude Relationship in Great Britain: An Approach Using Geographically Weighted Regression. Int.J.Climatol.Vol. 21, pp: 455-466.
- Brissette, Francois; Khalili, Malika Leconte, Robert (2011), Effectiveness of Multi site Weather Generator for Hydrological Modeling, Journal of the American Water Resources Association, Vol. 47, PP: 303-314.
- Crochet, Philipp; Johannesson, Tomas; Jonsson, Trausti; Singurdsson, Oddur; Bjornsson, Helgi; Palsson, Finnur; Barstad, Idar (2007), Estimating the distribution of precipitation in Iceland using Linear model of orographic precipitation, Journal of Hydrometeorology, Vol 8, pp: 1285-1306
- Fotheringham, stewart; Bransdon, Chris; Charlton Martin (2002), Geographically weighted regression, John wily wiley & son, pp: 52-65.
- Gaitans S., Tenveldhuis M.C., Bruni G., Degesen N., 2014, Multivariate Spatial Analysis of a Heavy Rain Event in a Densely Populated Delta City, Geophysical research Abstracts, Vol 16, pp: 1-10.
- Kai Tu., Zhon g-wei Yan., Yi Wang., 2011, A Spatial Cluster Analysis of Heavy Rains in China, Atmospheric and Oceanic Science Letters, Vol 4 , pp: 36-40.
- Khalili, Malika; Leconte, Robert; Brissette, Francois (2006), Stochastic Multisite Generation of Daily Precipitation Data Using Spatial Autocorrelation, Journal of hydro-meteorology, Vol. 8, pp: 396 -412.
- Ranhao Sun., Baiping Zhang., Jing Tan., 2008, a Multivariate Regression Model for Predicting Precipitation in the Daging Mountains, Mountain Research and Development, 28.