جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای، شماره ۲۳، تابستان ۱۳۹۶
وصول مقاله : ۱۳۹۵/۴/۱۷
تأیید نهایی : ۱۳۹۵/۱۱/۲۱
صفحات : ۳۸ - ۲۱

بررسی ارتباط مکانی بین بارش‌های همرفتی بهاره و توپوگرافی شمالِ غرب ایران

دکتر محمود خسروی[۱]، دکترمحسن عباس‌نیا[۲] ، دکتر اسدالله قبادی[۳] ، محسن آرمش[۴]

چکیده

مکانیزم‌های بارندگی در مناطق مختلف جغرافیایی از الگوهای متفاوتی تبعیت می‌کنند. شناخت این الگوها می‌تواند به برنامه‌ریزان محیطی برای مدیریت بهتر منابع آب کمک کند. در اکثر مطالعات انجام‌شده بر روی بارش‌های نواحی کوهستانی، روابط آماری بین ویژگی‌های مختلف توپوگرافیک با تغییرات مکانی بارش، در کانون توجه پژوهشگران بوده است. هدف پژوهش حاضر نیز، بررسی ویژگی‌های مکانی و توپوگرافی مؤثر بر بارش‌های همرفتی بهاره در شمال غرب ایران، براساس مدل‌های رگرسیونی و سرانجام تعیین مکان‌های دارای پتانسیل بالقوهٔ بارش‌های همرفتی است. بدین منظور، داده‌های بارش بهاره در طی سال‌های (۱۳۹۳-۱۳۶۰) از ۲۵ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی واقع در محدودهٔ مورد مطالعه و نواحی مجاور تهیه شد. متغیّرهای توپوگرافی و جغرافیایی نیز با استفاده از لایه‌های رقومی ارتفاعی (DEM) و نقشه‌های مربوط استخراج شده‌اند. به‌منظور بسط روابط بین ویژگی‌های جغرافیایی و توپوگرافی محدودهٔ مورد مطالعه با بارش‌های همرفتی بهاره، مقادیر هر لایهٔ مکانی کمّی‌سازی شد. پس از بررسی روابط آماری و شناسایی سهم هرکدام از متغیّرهای جغرافیایی و توپوگرافی متنوع نسبت به بارش‌های همرفتی بهاره در ناحیهٔ مورد مطالعه، مناطق دارای بیشینهٔ بارش همرفتی بهاره تعیین شد. در ادامه برای تعیین روابط مکانی دقیق الگوهای بارش همرفتی بهاره، از مدل تحلیل نقاط داغ Hot Spotدر محیط نرم‌افزاری GIS استفاده شد. نتایج نشان داد که قسمت‌های جنوب غربی محدودهٔ مورد مطالعه دارای نظم مکانی بوده و از رخداد بالای بارش‌های همرفتی بهاره برخوردار است. به‌عبارتی‌دیگر در این ناحیه، بارش‌های همرفتی ازنظر مکانی معنی‌دار بوده و دارای رخداد بارش بهارهٔ همگنی می‌باشند. همچنین، نتایج صحت‌سنجی مکان‌های طبقه‌بندی شدهٔ بارش‌های همرفتی بر روی نقشه نیز، نشان داد که بین مناطق دارای حداکثر بارش بهاره ایستگاهی با مناطق مستعد و ایده‌آل شناسایی‌شده ازلحاظِ بارش‌های همرفتی بهاره، مساحت همپوشانی حدود ۳۷/۱ درصد حاصل شد.

کلید واژگان: بارش‌های همرفتی بهاره، توپوگرافی شمال غرب ایران، روابط آماری، روابط مکانی، مناطق بیشینهٔ بارش‌های همرفتی.

۱- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان (نویسنده مسؤول) Khosravi@gep.usb.ac.ir
۲- دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان am_abbasnia@pgs.usb.ac.ir
۳- دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان ghobadi_as@yahoo.com
۴- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان areya5963@gmail.com

مقدمه

ارتباط تنگاتنگ اقلیم با محیط زیست انسان و تمام جوانب زندگی آدمی، بیانگر نیاز روزافزون بشر در شناخت ویژگی‌های اقلیمی مناطق مختلف است (میری،۱۳۹۰: ۱). یکی از شرایط جوّی که اقلیم را شکل می‌دهد و خود نیز تحت‌تأثیر اقلیم است، «عنصر بارش» است. یکی از مشخصات اقلیم‌شناختی بارش در هر ناحیه نیز، پنهان بودن برخی رفتارهای آن است (عساکره و رزمی،۱۳۹۰: ۱۳۸) و ازآنجایی‌که برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب تحت‌تأثیر میزان و تغییرپذیری بارش است (معصوم‌پورسماکوش، میری و ذوالفقاری، یاراحمدی،۱۳۹۲: ۲۲۸)؛ بنابراین، یکی از راه‌های برنامه‌ریزی و مدیریت مبتنی بر بارش، شناخت خصوصیات بارندگی‌ها و مناطق تحت پوشش آن‌هاست (اشرفی،۱۳۸۹: ۲). مطالعهٔ بارش ضمن شناخت پویه و رفتار بارش، امکان برنامه‌ریزی مبتنی بر آن را مهیا می‌سازد. این‌گونه توجه به بارش و تغییرات آن به‌خصوص در کشور ما که در ناحیهٔ خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد، از اهمیت زیادی برخوردار است (علی زاده و همکاران ،۱۳۸۷: ۲۳).

ناهمواری‌ها و پستی و بلندی‌های سرزمین ایران به‌عنوان یک‌سری از عوامل محلی و جغرافیایی، نقش قاطع و تعیین‌کننده‌ای در پراکندگی عناصر آب‌وهوایی ازجمله عنصر بارش دارند. ناهمواری‌های اصلی ایران به دو طریق بر آب‌وهوا و عناصر آن ازجمله بارش اثر می‌گذارند: ۱- ناهمواری‌ها به‌دلیل مرتفع بودن نسبت به سرزمین‌های اطراف، سبب تغییر بعضی از ویژگی‌های هوا (کاهش دما) می‌شوند.۲- به‌صورت سدی درمقابل حرکت توده‌های هوای مرطوب به داخل ایران قرار می‌گیرند و سبب نایکنواختی در پراکندگی مکانی عناصر آب‌وهوایی مانند بارش می‌شوند (علیجانی،۱۳۷۴: ۸). ازنظر تقسیم‌بندی براساس عامل صعود، بارش‌های ایران به سه دستهٔ بارش جبهه‌ای، کوهستانی و همرفتی تقسیم می‌شوند. همرفت تودهٔ هوا در مقیاس‌های محلی و در نتیجهٔ ناپایداری تودهٔ هوا صورت می‌گیرد. وسعت مکانی این عامل خیلی کوچکتر از عامل صعود چرخندگی است، ازاین‌رو، انتظار می‌رود هماهنگی داده‌های بارش در مناطقی که بیشترین سهم بارش آن‌ها همرفتی است، با مناطق دیگر و در فصولی که بیشترین سهم بارش از نوع همرفتی است، نسبت به فصول دیگر کمتر باشد. عمل همرفت به دو صورت انجام می‌شود: ۱- این‌که ممکن است یک قسمت از زمین در منطقه‌ای وسیع، انرژی تابشی بیشتری نسبت به اطراف کسب کند و به‌تدریج تا آنجا گرم شود که گرمای آن، قسمت زیرین هوای بالایش را گرمتر از هوای مجاور خود کند. چنین همرفتی را همرفت دامنه‌ای (حرارتی) می‌گویند و فصل مساعد برای وقوع آن فصل بهار است که در دامنه‌های آفتابگیر واقع در عرض‌های معتدل مشاهده می‌شود و یا در فصل تابستان در عرض‌های بالاتر هم مشاهده می‌شود. ۲- گاه گرم‌شدن تودهٔ هوا با وزش هوای سرد بر روی زمین یا آب گرم ایجاد می‌شود که چنین همرفتی را همرفتی وزشی می‌نامند. به‌طورکلّی بارش‌هایی که ازطریق صعود همرفتی ایجاد می‌شوند، بارش‌های همرفتی نامیده می‌شوند. این مکانیسم صعود در دامنه‌های آفتابگیر آذربایجان و خراسان در فصل بهار، شدیدتر و فراوان‌تر از جاهای دیگر است (علیجانی،۱۳۷۴: ۱۰۶)؛ بنابراین، بارش در شمال غرب کشور طی زمان و مکان‌های مختلف به‌وسیلهٔ فرایندهای متفاوتی شکل می‌گیرند که قسمتی از بارش‌های صورت‌گرفته تحت‌تأثیر سامانه‌های همرفتی ریزش می‌کنند. با توجه به اینکه این بارش‌ها، معمولاً در فصل بهار و فصل رویش محصولات کشاورزی رخ می‌دهند، همچنین، در بسیاری از مواقع این بارش‌ها از شدت زیادی برخوردار می‌باشند، سهم این بارش‌ها در منطقه و شناخت فرایندهای شکل‌دهندهٔ آن‌ها تاحدّی ضروری به‌نظر می‌رسد.

شناسایی و بررسی الگوهای فضایی بارش مشاهده‌شده در مناطق کوهستانی اغلب پیچیده هستند؛ زیرا روابط برهمکنشی گردش عمومی جوّ با چشم‌انداز متغیّر توپوگرافی این مناطق، به‌صورت محلی در بعضی مناطق خاص آن، باعث افزایش بارش و در برخی از

مناطق دیگر آن، باعث کاهش بارش می‌شوند. تاکنون روش‌های مختلفی برای برآورد بهتر الگوهای فضایی بارش در مناطق کوهستانی استفاده شده است. یکی از این روش‌ها شامل توسعهٔ مدل‌های دینامیکی است که الگوهای گردش جوّ و شرایط رطوبتی را شبیه‌سازی می‌کنند. رویکرد دیگر، شامل به‌دست آوردن مقادیر بارش‌های ثبت‌شده در ایستگاه‌های باران‌سنجی مستقر در قسمت‌های گوناگون نواحی کوهستانی و سپس به‌دست آوردن روابط آماری بین بارش سالانهٔ ایستگاه‌ها با ویژگی‌های متنوع توپوگرافی و نواحی استقرار آن‌ها ازقبیلِ شیب، جهت و ارتفاع است که ازجمله تحقیقات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به کار مشترک چان[1] و لاکوود[2](۱۹۷۴) اشاره کرد. آن‌ها ضریب همبستگی بالایی بین مقادیر بارش و ارتفاع در کوه‌های پنین شرقی پیدا کرده‌اند. همچنین، بازیست[3] و همکارانش (۱۹۹۴) در پژوهشی مشابه، همبستگی بالایی را بین ارتفاع و بارش در منطقهٔ بین‌المدارین مشاهده کرده است. در پژوهشی دیگر کنراد[4] (۱۹۹۶) نیز بین عوامل ارتفاع و فاصله تا منبع رطوبت و بارش‌های فصل گرم و سرد درکوه‌های بلوریج آمریکا، همبستگی بالایی مشاهده کرده است. پرود هومه[5] (۱۹۹۸) در پژوهش خود در منطقهٔ کوهستانی اسکاتلند مشاهده کرده است که فاصله تا منبع تأمین‌کنندهٔ رطوبت، بیشترین و ارتفاع، کمترین رابطه را با حداکثر بارش‌های روزانه نشان می‌دهند. جوهانسون[6] (۲۰۰۳) درمطالعهٔ خود درمورد اثر توپوگرافی در پراکنش بارش سوئد به این نتیجه رسیده است که در دامنه‌های روبه‌باد، با افزایش ارتفاع بارش نیز افزایش می‌یابد؛ ولی در دامنه‌های پشت‌به‌باد، رابطهٔ معنی‌داری بین بارش و ارتفاع مشاهده نمی‌شود. همچنین، شاکینا و همکاران[7] (۲۰۰۸) در تحقیقی، اهمیت آگاهی از دینامیک فاکتورهای ایجاد بارش‌های همرفتی را مورد مطالعه قرار دادند. در پژوهش‌های صورت‌گرفته بر روی کشور ایران، علیجانی (۱۳۷۴) نقش کوه‌های البرز در توزیع بارش را مطالعه کرده و نتیجه گرفته است که مقدار بارش در البرز با ارتفاع، رابطهٔ معکوس دارد و با افزایش فاصله از ساحل دریا مقدار بارش کاهش می‌یابد. علیجانی (۲۰۰۸) در پژوهشی دیگر تأثیر کوه‌های زاگرس در پراکندگی فضایی بارش را با استفاده از شاخص‌های توپوگرافی ارتفاع، ارتفاع متوسط در شعاع ۲/۵ کیلومتری ایستگاه و ارتفاع متوسط در ۸ جهت جغرافیایی مختلف، مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته است که در منطقهٔ زاگرس مقدار بارش با ارتفاع رابطه دارد و نوع این رابطه با جهت جغرافیایی تغییر می‌کند. همچنین، کوه‌های زاگرس بارش‌های دورهٔ سرد سال را به‌ویژه در دامنه‌های غربی آن تشدید می‌کند (علیجانی،۲۰۰۸: ۲۲۰). ایشان در این زمینه به نقل از لیناکره بیان می‌کنند، براساس یک مطالعهٔ آماری بر روی بارش‌های غرب کلرادو، مشخص شده که ۸۸ درصد تغییرات مکانی بارش به شکل زمین مربوط است (غیور و مسعودیان،۱۳۷۵: ۱۰)؛ بنابراین، در یک نتیجه‌گیری کلّی می‌توان عنوان کرد که وضعیت ناهمواری‌ها و شکل زمین هر منطقه، نقش بسیار مهمی در نظم و هماهنگی مکانی بارش بازی می‌کند، اما این نقش به‌علت تأثیر دیگر عوامل محلی و بیرونی، در تمام مناطق کرهٔ زمین یک‌جور و یک‌اندازه نیست؛ ازاین‌رو الگوی مکانی بارش تا حدودی تحت‌تأثیر شکل زمین است (غیور و مسعودیان،۱۳۷۵: ۱۲۵).

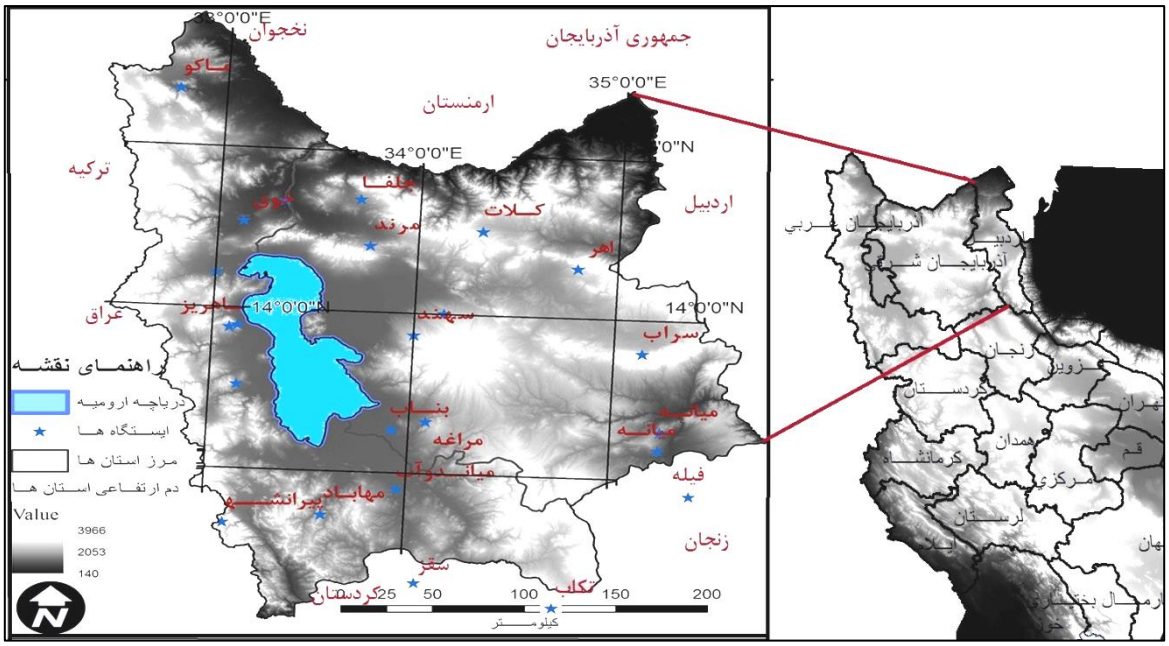
غیور و مسعودیان (۱۳۷۵) در بررسی مکانی رابطهٔ بارش با ارتفاع در ایران نتیجه گرفته‌اند که در سواحل دریای خزر رابطهٔ قوی و معکوس و در دامنه‌های غربی زاگرس، رابطهٔ قوی و مستقیم بین این دو پارامتر وجود دارد. ذوالفقاری و ساری‌صراف (۱۳۷۷) در مطالعهٔ بارش‌های شمال غرب ایران نشان داده‌اند که بارش حوضهٔ ارس بیشتر از بارش حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه از عامل ارتفاع متأثر است و عرض جغرافیایی در حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه همبستگی بیشتری را نسبت به حوضهٔ

1. Chuan
2. Lockwood
3. Basist
4. Konrad
5. Prudhomme
6. Johansson
7.Shakiana et al

ارس با بارش سالانه نشان می‌دهد. رضایی‌بنفشه (۱۳۸۲) در مطالعه‌ای مشابه بر روی حوضهٔ آبریز قره‌سو، نقش ارتفاعات و کوه‌ها در دریافت مقادیر بیشتر بارش، به‌خصوص در ایستگاه‌های روبه‌باد را نشان داده است. عساکره (۱۳۸۳) در مدل‌سازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی بارش اصفهان، رابطهٔ عوامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع با بارش را بررسی کرده و مدل‌های رگرسیونی بارش‌ها را ارائه کرده است. به‌طورکلّ در زمینهٔ عوامل مؤثر بر برآورد بارش و مدل‌بندی آنها، از عوامل زمین-اقلیم متفاوتی استفاده کرده‌اند (محمودی و علیجانی،۱۳۹۲: ۹۵)؛ بنابراین، مکانیزم‌های صعود بارندگی، ازجمله عواملی است که سبب متفاوت بودن رفتار بارشی در مناطق مختلف می‌شوند. این عوامل در منطقهٔ شمال غرب کشور به‌خوبی نمایان است. بارش‌های رخداده در این منطقه تحت‌تأثیر تنوع سیستم‌های سینوپتیکی و محلی همچون: بارش‌های اوروگرافیک و همرفت دامنه‌ای هستند. در این پژوهش نیز سعی شده برای تحلیل مکانی دقیق الگوی رخداد بارش‌های همرفتی بهارهٔ شمال غرب ایران، روابط آماری بین این بارش‌ها با متغیّرهای جغرافیایی و توپوگرافی متنوع مکانی مربوط به این ناحیه کوهستانی، مورد بررسی و مدل‌سازی قرار گرفته تا باتوجه به شناخت سهم هریک از عوامل فضایی- مکانی مؤثر بر رخداد بارش‌های همرفتی بهاره، مناطق مستعد اینگونه بارش‌ها و الگوهای مکانی گسترش آنها در این ناحیه مشخص شود.

داده‌ها و روش‌شناسی

مکان‌یابی فعالیتی است که قابلیت‌ها و توانایی‌های یک منطقه را ازلحاظ وجود زمین مناسب و کافی و ارتباط آن با سایرکاربری‌ها و تسهیلات برای انتخاب مکانی مناسب برای کاربری خاص مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌دهد (فرهادی،۱۳۷۸: ۹۴). در این پژوهش نیز محدودهٔ مورد مطالعه برای مکان‌یابی مناطق بیشینهٔ بارش‌های همرفتی بهاره، شامل استان‌های آذربایجان شرقی و غربی است که در گوشهٔ شمال غرب فلات ایران و در محل به‌هم‌خوردگی دو رشته‌کوه البرز و زاگرس، واقع شده است. به‌عبارتی‌دیگر، این ناحیه یکی از مناطق کوهستانی کشور است که با مساحت ۸۹۱۵۰ کیلومتر مربع حدود ۵/۵ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود (شکل ۱). محدودهٔ شمال غرب ایران همواره تحت‌تأثیر بادهای سرد شمالی و سیبری و بادهای مرطوب دریای سیاه، مدیترانه و اقیانوس اطلس قرار گرفته است. علاوه‌بر جریان هوایی بالا، عوامل دیگری مانند ارتفاع مکان، جهت کوه‌ها، وزش بادهای محلی و دوری از منابع رطوبتی و دریاهای آزاد، نقش مهمی در میزان دما و ریزش‌های جوّی دارد. به‌طورکلّی، متوسط بارندگی سالیانهٔ این ناحیه از کشور، حدود ۴۰۰ میلی‌متر است که با توجه به متوسط بارندگی در سایر نقاط ایران که حدود ۲۵۰ میلی‌متر می‌باشد، در شرایط بهتری قرار گرفته است (مسعودیان،۱۳۹۰: ۱۲۳).



شکل ۱. موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌ها در آن

(منبع: نویسندگان،۱۳۹۳)

مکان‌یابی بهینه، زمانی امکان‌پذیر است که محقق بتواند ارتباط علمی و منطقی مناسبی میان اطلاعات و داده‌های به‌دست آمده از کارشناسان مرتبط با موضوع مکان‌یابی را با توجه به اولویت‌ها برقرار سازد (رضویان،۱۳۸۸: ۲۲۲). مطالعهٔ حاضر نیز سعی دارد با شناخت سهم عوامل توپوگرافی و جغرافیایی مؤثر بر بارش‌های همرفتی شمال غرب کشور با استفاده از محاسبهٔ شاخص‌های آماری و مدل‌های تحلیل فضایی در محیط نرم‌افزار GIS، به بررسی و تعیین مکان‌های دارای پتانسیل بیشینهٔ اینگونه بارش‌ها بپردازد. بدین منظور، ابتدا داده‌های بارش بهاره از ۲۵ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی واقع در محدودهٔ مورد مطالعه و نواحی مجاور طی دورهٔ آماری ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۳ تهیه شد. بدین ترتیب با مرتب‌سازی و رفع نقص اولیهٔ داده‌های مشاهداتی و سپس با انجام آزمون‌های مربوط به همگنی، کفایت و نرمال بودن بر روی سری زمانی روزانهٔ بارش بهارهٔ ایستگاه‌ها، صحت داده‌ها در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد تأیید شد. در ادامه به‌منظور بسط روابط بین ویژگی‌های جغرافیایی و توپوگرافی محدودهٔ مورد مطالعه با بارش‌های همرفتی بهاره، در ابتدا لازم بود که پس از شناسایی و فراهم آوردن پارامترهای جغرافیایی و توپوگرافی مؤثر بر میزان بارش‌های همرفتی بهاره، مقادیر هر لایهٔ مکانی کمّی‌سازی شود.

این پژوهش به‌ترتیب شامل مراحل زیر است:

۱: تهیهٔ لایه‌های توپوگرافی و جغرافیایی مؤثر بر بارش‌های همرفتی بهاره؛

۲: تحلیل مکانی لایه‌ها و پتانسیل‌سنجی لایه‌های شرکت‌کننده؛

۳: اجرای فرایند زمین‌آمار و درون‌یابی کریجینگ بر روی داده‌های میانگین بارش بهاره؛

۴: تهیهٔ مدل رگرسیونی درجهتِ تعیین تأثیر هریک از عامل‌ها؛

۵: اولویت‌سنجی لایه‌های موردنظر در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی؛

۶: اعمال نتیجهٔ فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی با استفاده از همپوشانی لایه‌ها و شناسایی نواحی بیشینهٔ بارش بهاره؛

۷: مقایسهٔ نتایج حاصل از شناسایی نواحی بیشینه با نتیجه حاصل از میان‌یابی به کمک تابع تحلیل نقاط داغ.

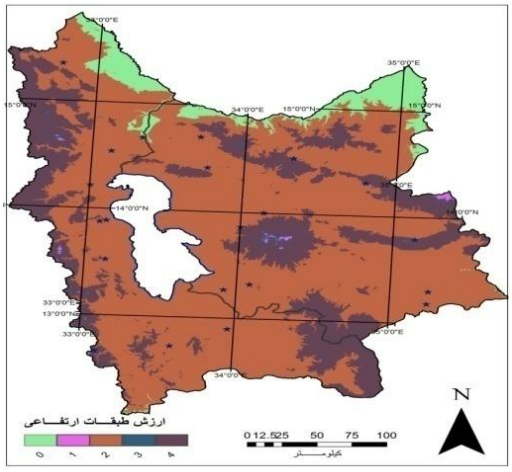
یافته‌ها و بحث

مرحلهٔ اول: تهیهٔ لایه‌های موردنیاز

اجرای پروژهٔ نیازمند لایه‌های ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از منابع رطوبتی و لایهٔ میانگین بارش بهاره ایستگاه‌ها می‌باشد. در بررسی و تهیهٔ لایه‌های فاصله از منابع رطوبتی، با توجه به اینکه در داخل کشور ایران منبع رطوبتی چشمگیری وجود ندارد و رطوبت بارش‌های سراسر کشور ایران بیشتر از منابع آبی مجاور مانند دریای خزر و خلیج فارس، دریای عمان و یا منابع آبی دور مانند دریای مدیترانه، دریای سیاه، اقیانوس هند و غیره به‌وسیلهٔ بادهای منطقه‌ای یا سیاره‌ای به ایران تأمین می‌شود (علیجانی،۱۳۷۴: ۱۰۹) و همچنین به‌دلیل وزش غرب سوی بادهای باران‌آور به منطقهٔ مورد مطالعه (محمودی و علیجانی،۱۳۹۲: ۱۰۸) از سه لایهٔ رطوبتی مؤثر بر بارش‌های همرفتی بهاره بر پهنهٔ شمال غرب ایران، شامل لایه‌های فاصله از دریاچهٔ ارومیه، دریای سیاه و دریای مدیترانه تهیه شد.

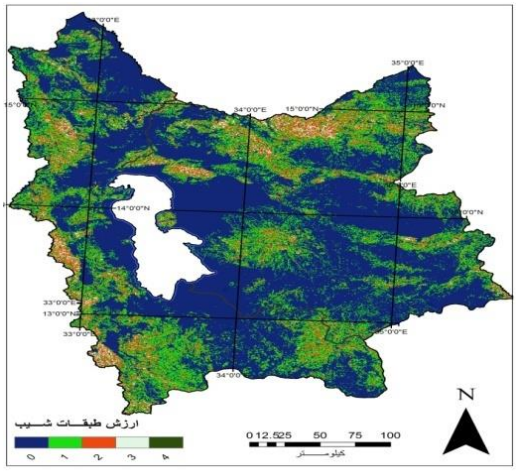
مرحلهٔ دوم: تحلیل لایه‌های مکانی

در این مرحله ابتدا لایه‌های ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از منابع رطوبتی با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر، تهیه شد. در ادامه با توجه به اهمیت هریک از طبقات لایه‌ها، به آن‌ها وزن معینی اعمال شد. پتانسیل‌سنجی لایه‌ها ازنظر میزان تأثیر هریک از ارزش‌های طبقاتی آن‌ها در بارش‌های همرفتی شمال غرب کشور، در ۵ کلاس طبقه‌بندی شد (شکل‌های ۲ تا ۷). سرانجام با تجمیع هریک از لایه‌های طبقه‌بندی شده، نقشهٔ پتانسیل‌سنجی اولیهٔ لایه‌های شرکت‌کننده در ۵ طبقهٔ خیلی‌خوب، خوب، متوسط، ضعیف و خیلی‌ضعیف تعیین شد (شکل ۸) که مساحت هریک از طبقات نقشهٔ پتانسیل‌سنجی اولیه، به‌ترتیب حدود ۴/۶، ۴۲/۲، ۳۸/۵، ۱۴/۳ و ۰/۳ درصد از مساحت محدودهٔ مورد مطالعه را شامل می‌شود. همچنین، مساحت هریک از طبقات ارزشی لایه‌ها با توجه به جدول (شمارهٔ ۱) مشخص شد.



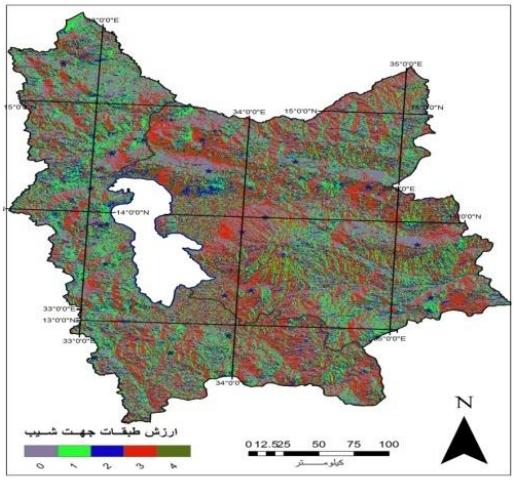
شکل ۲. طبقات ارتفاعی محدودهٔ مورد مطالعه

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)



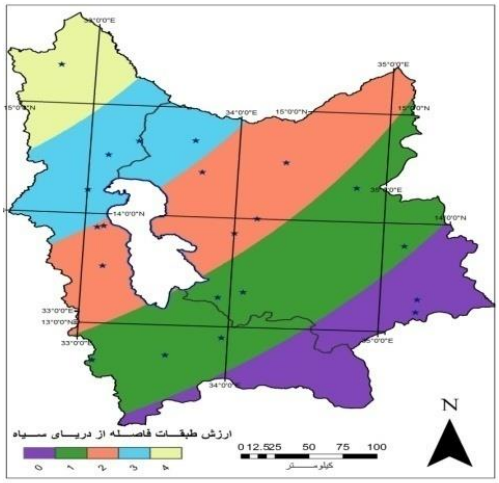
شکل ۳. شیب محدودهٔ مورد مطالعه

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)



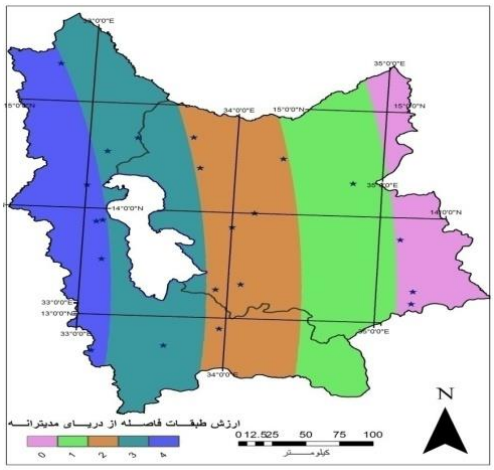
شکل ۴. جهت شیب محدودهٔ مورد مطالعه

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)



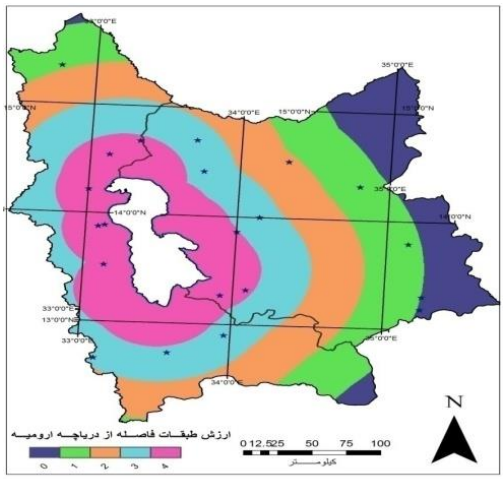
شکل ۵. فاصله از دریای سیاه محدودهٔ مورد مطالعه

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)



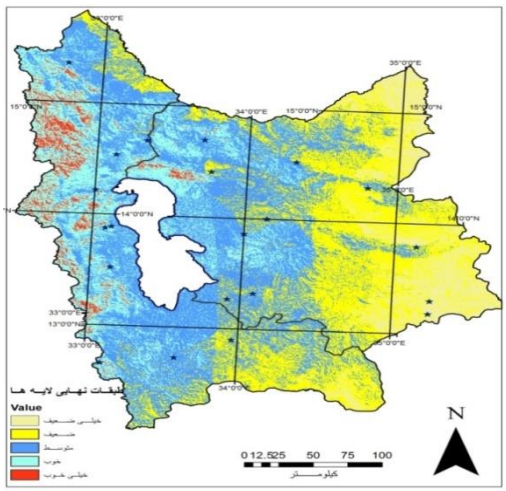
شکل ۶. فاصله از دریای مدیترانه محدودهٔ مورد مطالعه

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)



شکل ۷. فاصله از دریاچهٔ ارومیه محدودهٔ مورد مطالعه

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)



شکل ۸. پتانسیل‌سنجی لایه‌های شرکت‌کننده

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)

جدول ۱. مساحت و ارزش طبقاتی لایه‌های توپوگرافی و جغرافیایی مؤثر بر میزان بارش همرفتی بهاره

ارزش طبقات		۰	۱	۲	۳	۴
ارتفاع	درصد مساحت	۶	۰/۲	۶۹/۶	۰/۴	۲۳/۸
	دامنهٔ طبقات (m)	X<۴۰۰۰	۱۴۰-۱۰۰۰	۳۰۰۰-۴۰۰۰	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۰۰۰-۳۰۰۰
شیب	درصد مساحت	۶۳	۲۵/۴	۹/۵	۲	۰/۱
	دامنهٔ طبقات (درصد)	X>۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۳۰	۳۰-۴۰	X<۴۰
جهت	درصد مساحت	۳۱	۲۰/۵	۱۲/۵	۲۳/۶	۱۲/۴
	دامنهٔ طبقات (درجه)	-۳۱۵-۶۷/۵	۶۷/۵-۱۳۵	۱۳۵-۱۸۰	۲۲۵-۳۱۵	۱۸۰-۲۲۵
فاصله از دریاچه ارومیه	درصد مساحت	۱۲	۱۹	۲۲	۲۴/۸	۲۲/۲
	دامنهٔ طبقات(Km)	X<۱۷۰	۱۳۰-۱۷۰	۹۰-۱۳۰	۵۰-۹۰	X>۵۰
فاصله از دریای سیاه	درصد مساحت	۱۵/۵	۳۳/۵	۲۶/۶	۱۵/۹	۸/۵
	دامنهٔ طبقات(Km)	۶۳۰-۷۵۰	۵۷۰-۶۳۰	۵۰۰-۵۷۰	۴۰۰-۵۰۰	۳۰۰-۴۰۰
فاصله از دریای مدیترانه	درصد مساحت	۱۰	۲۴/۲	۲۳/۷	۲۶/۴	۱۵/۷
	دامنهٔ طبقات (Km)	۹۹۰-۱۰۸۰	۹۳۰-۹۹۰	۸۷۰-۹۳۰	۸۰۰-۸۷۰	۷۰۰-۸۰۰

(منبع: نویسندگان،۱۳۹۳)

مرحلهٔ سوم: اجرای فرایند زمین‌آمار بر روی داده‌های میانگین بارش بهاره

امروزه یکی از روش‌های اساسی به‌منظور رسیدن به توسعهٔ پایدار در برنامه‌ریزی‌ها و همچنین جلوگیری از خسارات وارده (ازقبیل: سیل، فرسایش، یخبندان و غیره)، اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی در مناطق فاقد ایستگاه‌های مربوط است (سبحانی و همکاران،۱۳۹۲: ۳۵)؛ درنتیجه، با استفاده از مدل درون‌یابی فضایی، داده‌های ایستگاهی به سراسر پهنهٔ محدودهٔ مورد مطالعه تعمیم داده می‌شوند. در این رابطه کریجینگ یک روش زمین‌آمار برای درون‌یابی داده‌ها براساس واریانس فضایی بوده و مخصوص مناطق کاملاً کوهستانی می‌باشد (سنجری،۱۳۸۸: ۲۳۴). این روش بر پایهٔ مدل‌ها و روش‌های آماری پایه‌ریزی شده است. مدل ریاضی که برای این نوع درون‌یابی استفاده می‌شود، از معادلهٔ شمارهٔ (۱) تبعیت می‌کند.

معادلهٔ (۱):

$$Z(S_0)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_{(i)}XZ_{si}$$

که در آن Z_{si}، مقدار اندازه‌گیری شده (مقدار معلوم) در موقعیت j ام؛

γ_i، مقدار وزن نقاط معلوم در موقعیت j ام به‌منظور تخمین مقادیر مجهول؛

N، تعداد نقاط معلوم؛

و (S_0)، موقعیت مجهول (سنجری،۱۳۸۸: ۲۳۲).

برای برآورد مقادیر براساس کریجینگ، روش‌های مختلفی وجود دارد که شامل مواردِ واریوگرام دایره‌ای، واریوگرام نمایی، واریوگرام گوسین، واریوگرام کروی و آستانهٔ خطی می‌شوند. در این مرحله، ابتدا نرمال‌بودن داده‌ها بررسی شد و پس از بررسی وجود روند و جهت آن در جعبه‌ابزار زمین‌آمار، روش کریجینگ معمولی (OK) با مشاهده و تست RMSE[1] و MAE[2] انتخاب

1. Root Mean Square Error(RMSE)
2. Mean Absolute Error(MAE)

شد، روند داده‌ها نیز براساس تبدیل تابع Log و انتخاب معادلهٔ درجهٔ دو حذف شد و داده‌ها نرمال شدند و در ادامه به‌کمک تابع واریوگرام خودهمبستگی مکانی بررسی شدند. در این بررسی از مفهوم همسان‌گردی استفاده شد و به کمک آن تابع گوسین به واریوگرام برازش داده شد. در ادامه روش‌های مختلفی که برای مقایسه‌کردن مقادیر مشاهده‌ای و تخمین‌زده‌شده به‌وسیلهٔ مدل وجود دارد و پژوهش حاضر به وسیلهٔ آن‌ها انجام شده، معرفی می‌شوند.

میانگین قدرِ مطلقِ خطا که هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهندهٔ دقت بیشتر این روش است. MAE همواره مثبت می‌باشد. اگر این معیار برابر صفر باشد، بیانگر این است که مدل انتخاب‌شده پارامتر موردنظر را دقیق برآورد کرده است (ثقفیان و همکاران،۱۳۸۹: ۳۸) که ازطریق رابطهٔ (شمارهٔ ۲) محاسبه می‌شود:

معادلهٔ ۲:

$$MAE = \frac{1}{N_v}\sum_{i=1}^{N_v}\left[z(x_i) - \hat{z}(x_i)\right]$$

ریشهٔ دوم میانگین مربع خطا که هرچه کمتر باشد، نشانگر خطای کمتر مدل بوده که فرمول عمومی روش فوق به‌صورت رابطهٔ شمارهٔ (۳) است:

معادلهٔ۳:

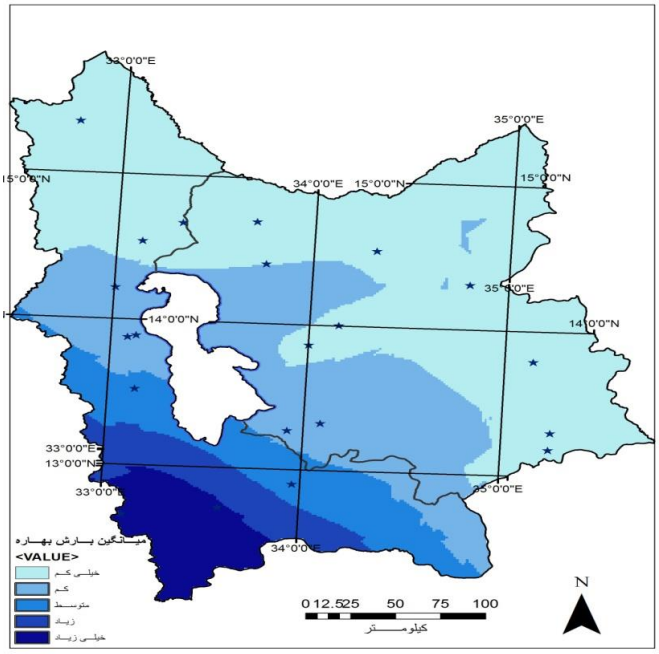
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{N_v}\left(z(x_i) - \hat{z}(x_i)\right)^2}$$

که در رابطه‌های بالا $z(x_i)$، مقدر برآوردشدهٔ متغیّر در x_i؛

$\hat{z}(x_i)$، مقدار مشاهده‌ای متغیّر در x_i؛

n، تعداد نقاط با متغیّر مشاهده‌ای است (دی‌پیازا و همکاران[1]، ۲۰۱۱: ۴۰۱).

نتایج نشان می‌دهد از بین مدل‌های استفاده شده، کریجینگ معمولی نسبت به سایر مدل‌های استفاده‌شده در تخمین بارش همرفتی بهارهٔ شمال غرب ایران، عملکرد بهتری داشته است (شکل ۹) که در انتها مساحت مربوط به هریک از طبقات ارزشی لایهٔ میان‌یابی بارش‌های بهاره بر روی محدودهٔ مورد مطالعه استخراج شد (جدول ۲).



شکل ۹. میان‌یابی میانگین بارش بهاره

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)

1. Di Piazza et al

جدول ۲. مساحت و ارزش طبقاتی لایهٔ میان‌یابی بارش همرفتی بهاره

خیلی‌زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی‌کم	ارزش طبقات
۶	۵/۹	۹	۲۸/۴	۵۰/۷	درصد مساحت
۶۲-۶۹	۵۹-۶۲	۴۹-۵۹	۴۲-۴۹	۳۶-۴۲	دامنهٔ طبقات (mm)

(منبع: نویسندگان،۱۳۹۳)

مرحلهٔ چهارم: تهیهٔ مدل رگرسیونی درجهتِ تعیین تأثیر هریک از عامل‌ها

در این پژوهش برای پیدا کردن روابط مهم بین لایه‌های مکانی با رخداد بارش‌های همرفتی، سعی شد یک مدل رگرسیون چندمتغیّره، بین مجموع بارش بهاره به‌عنوان متغیّر وابسته و یک زیرمجموعه از لایه‌های مکانی مربوط به ویژگی‌های توپوگرافی و جغرافیایی به‌عنوان متغیّر مستقل تعریف شود. در این مرحله با استفاده از جدول‌های اطلاعات توصیفی، لایه‌های دارای ۸۳۰ ارزش نقطه‌ای تهیه‌شده با فواصل گریدگاهی ۵۰۰ متر، برای تمام لایه‌های مورد استفادهٔ پروژه، یک مجموعه پایگاه داده در محیط نرم‌افزاری SPSS تشکیل شد. بر این اساس، پس از بررسی و ایجاد مدل‌های رگرسیونی گوناگون بین کلیهٔ فاکتورهای مؤثر بر مجموع بارش همرفتی بهاره در منطقهٔ مورد مطالعه، تنها یک مدل رگرسیونی به کمک روش Enter ایجاد شد (معادلهٔ ۴).

معادلهٔ ۴:

$$Y = a + B_1X_1 + B_2X_2 + ...B_nX_n$$

که در آن Y، متغیّر وابسته؛

X_{1-n}، متغیّرهای مستقل؛

B_{1-n}، وزن مربوط به هریک از متغیّرهای مستقل و a، عدد ثابت است.

این مدل تنها مدل قابلِ‌قبول و پاسخگو برای ایجاد رابطهٔ رگرسیونی معتبر، بین تمام عوامل مؤثر بر میزان مجموع بارش بهارهٔ ایستگاه‌ها بود. در این روش تمامی عوامل به‌صورت مستقل به مدل وارد می‌شوند و اگر متغیّر مستقلی نتوانست حداقل سطح معنی‌داری برای ماندن در مدل رگرسیونی را داشته باشد، در مرحلهٔ بعد از مدل کنار گذاشته می‌شود؛ ولی در مدل رگرسیونی ایجاد شده در این پژوهش، همهٔ فاکتورهای مؤثر بر مجموع بارش بهارهٔ ایستگاه‌ها، حداقل سطح معنی‌داری برای حضور در مدل را داشتند. در این مدل بارش بهارهٔ ایستگاه‌ها به‌عنوان متغیّر وابسته و مقادیر ارتفاع، شیب، جهت شیب و فاصله از منابع رطوبتی به‌عنوان متغیّرهای مستقل به مدل اعمال شد. نتیجه یک رابطهٔ خطی رگرسیونی معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد بود که بر مبنای ۶ پارامتر مستقل واردشده در این مدل، حدود ۸۰ درصد تغییرات مقادیر بارش همرفتی بهاره قابلِ‌تبیین بود. در پایان برای بررسی اعتبار مدل رگرسیونی ایجادشده، میزان خطای RMSE (ریشهٔ میانگین مربع‌های خطا) و MAE (میانگین مطلق خطا) بین مقادیر پیش‌بینی‌شده با مقادیر واقعی مشاهده‌شدهٔ بارش همرفتی بهاره، به‌ترتیب ۶ و ۰/۵۶ به‌دست آمد که این میزان خطاهای همبستگی برای مدل قابلِ‌قبول بود. همچنین، در این مرحله پارامترهای مهمتر اولویت نیز براساس نتایج مدل رگرسیونی نهایی، به‌ترتیب: عامل ارتفاع، شیب، فاصله از مدیترانه، فاصله از ارومیه، فاصله از سیاه و جهت تعیین شد.

مرحلهٔ پنجم: اولویت‌سنجی لایه‌های موردنظر در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

در این مرحله، براساس اولویت‌سنجی خروجی مدل رگرسیونی، با اعمال وزن‌دهی به معیارها (ارتفاع، شیب، جهت شیب و فاصله از منابع رطوبتی) در ارتباط با هدف (سنجش نواحی دارای بیشینهٔ استعداد بارش‌های همرفتی بهاره) در یک ساختار سلسله‌مراتبی، وزن هریک از معیارها با رعایت ضریب سازگاری در قضاوت‌های متخصصان، تعیین شد. جدول ۳ ماتریس

مقایسه‌ای زوجی تمام پارامترها را در مدل وزن‌دهی تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) نشان می‌دهد که در آن معنی‌داری ضریب سازگاری حدود ۰/۰۰۸ به‌دست آمد. پس از مقایسهٔ معیارها نسبت به هم، وزن نهایی معیارهای ارتفاع، جهت، شیب، فاصله از مدیترانه، فاصله از سیاه و فاصله از ارومیه، به‌ترتیب ۳۱/۱، ۱۸، ۳۰/۹، ۴، ۱۰ و ۶ به‌دست آمد. به‌طورکلّی می‌توان گفت که وزن‌دهی لایه‌ها به‌صورتی انجام گرفته است که پارامتری که بیشترین اهمیت را در سنجش نواحی مستعد بارش‌های همرفتی بهاره دارد، به‌عنوان مهم‌ترین لایه انتخاب‌شده و سایر لایه‌ها به نسبت اهمیت و ایجاد محدودیت، در مراحل بعدی قرار گرفته‌اند. این امر بدان معناست که هر لایه با توجه به وزن خود در نقشهٔ نهایی تأثیرگذار است.

جدول ۳. ماتریس سنجش معیارها نسبت به هم به روش تحلیل سلسله‌مراتبی

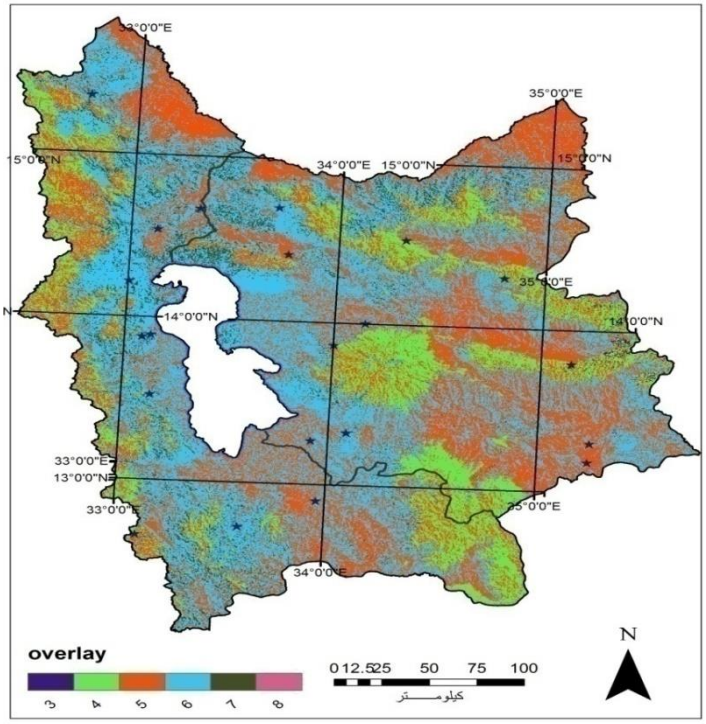
ماتریس مقایسه‌ای	ارتفاع	جهت	شیب	فاصله از مدیترانه	فاصله از سیاه	فاصله از ارومیه
ارتفاع	۱	۱/۸۳	۱/۰۸	۶	۴	۴
جهت	*	۱	۱/۷۲	۴/۵۰	۱/۸۰	۳
شیب	*	*	۱	۸/۳۳	۳/۱۲	۵
فاصله از مدیترانه	*	*	*	۱	۳	۲
فاصله از سیاه	*	*	*	*	۱	۲
فاصله از ارومیه	*	*	*	*	*	۱

(منبع: نویسندگان،۱۳۹۳)

مرحلهٔ ششم: اعمال نتیجهٔ فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و شناسایی نواحی مستعد

در این مرحله، براساس تأثیر وزن‌های مرجع به‌دست آمده از ساختار فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، در محیط نرم افزاری GIS به کمک روش همپوشانی وزنی[1]، لایه‌ها وزن‌دهی شدند. همچنین، زیرطبقات مختلف در هریک از لایه‌ها، براساس وزن مرجع اولیه، ارزش معینی به آن‌ها اختصاص داده شد. پس از اجرای همپوشانی وزنی لایه‌های اولیه به‌عنوان فاکتورهای مؤثر در تعیین بارش‌های همرفتی بهارهٔ شمال غرب ایران، مناطق بیشینهٔ بارش همرفتی و میزان استعداد آن‌ها شناسایی شد که در نتیجهٔ آن، مناطق بیشینهٔ بارش‌های همرفتی بهاره شناسایی‌شده، در ارزش‌های طبقاتی ۸، ۷ و ۶ به‌ترتیب با ۰/۱، ۴/۶ و ۴۲/۲ درصد از مساحت کل محدودهٔ مورد مطالعه، به‌عنوان بهترین مناطق دارای پتانسیل بارش‌های همرفتی بهارهٔ شمال غرب کشور قرار می‌گیرند و همچنین سایر مناطق بیشینهٔ شناسایی‌شده در ارزش طبقاتی ۵، ۴، ۳ به‌ترتیب با ۳۸/۵، ۱۴/۳ و ۰/۳ درصد از مساحت کل، در جایگاه‌های بعدی جای می‌گیرند (شکل ۱۰).

1 .Weighted Overlay



شکل ۱۰. نتیجهٔ مناطق دارای پتانسیل بیشینهٔ دریافت بارش همرفتی بهاره و میزان استعداد آن‌ها
(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)

مرحلهٔ هفتم: مقایسه و صحت‌سنجی لایه‌های مکانی نهایی به کمک تابع Hot Spot

پارامترهای آماری مکانی مهمترین ابزاری هستند که در توصیف و تجزیه‌وتحلیل اشکال مختلف جغرافیایی به‌کار می روند. به‌علاوه از پارامترهای آماری مکانی می‌توان برای توصیف الگوهای مکانی حاصل از مجموعه‌اشکال جغرافیایی بهره جست و آن ها را با الگوهای سایر مناطق مقایسه کرد. در پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، اصطلاح«نقطهٔ داغ» که برای بیان موقعیتِ مکانیِ نقاط دارای بیشترین فراوانیِ وقوعِ یک پدیدهٔ اقلیمیِ خاص مانند بارش، درنظر گرفته می‌شود، از علم زمین‌شناسی اقتباس شده است. در زمین‌شناسی به جاهایی که بالا آمدن ماگمای داغ، اغلب علت فوران یا انفجار آتش‌فشان می‌باشد، نقطهٔ داغ گفته می‌شود (تیلر[1]،۱۹۹۸: ۱۸). یک نقطهٔ داغ ممکن است به تنهایی در یک موقعیت معین قرار داشته باشد و یا به‌صورت مجموعه‌ای وابسته به یکدیگر باشند (چاینی[2]، ۲۰۰۰: ۳). در این شاخص، تراکم داده‌ها می‌تواند به‌صورت گروهی و یا بخشی صورت بگیرد؛ اما گروه مورد مطالعه باید ازلحاظ آماری معنی‌دار باشد. مدل تحلیلی نقاط داغ در داده‌های وکتوری استفاده می‌شود و می‌تواند ویژگی‌های محلی داده‌ها را ازنظر آماری به‌صورت نقاط داغ و معنی‌دار نشان دهد. همچنین، این شاخص می‌تواند نقاط داغ و یا نقاط سرد در یک منطقه را تفکیک کند. در اینجا نقاط داغ و سرد به تمرکزهای مکانی معروف هستند. چنانچه نزدیکی مقادیر به هم زیاد باشد، روابط مکانی مثبت و نسبتاً بالا خواهد بود، به‌طوری‌که این‌چنین خوشه‌ای از مقادیر بالا و نزدیک به هم، به نقاط داغ معروف می‌باشند. آنالیز نقاط داغ با آمارهٔ گتیس‌اوردجی یا جی‌آی‌استار[3] برای هر متغیّر در پایگاه داده محاسبه می‌شود. این ابزار به‌وسیلهٔ ویژگی بین متغیّرهای همسایه محاسبه می‌شود که در آن متغیّرهای باارزش بالا به سمت هم تمایل دارند، ولی

1. Taylor

2. Chainey
3. Getis-Ord Gi* statistic

ممکن است ازلحاظ آماری معنی دار نباشند. برای اینکه یک متغیّر ازلحاظ آماری یک هستهٔ داغ را به‌وجود بیاورد، باید ارزش بالا داشته و نیز با دیگر متغیّرهای باارزش بالا احاطه شده باشند. به‌عبارت دیگر جمع محلی یک متغیّر و همسایگانش نسبت به همه متغیّرهای موجود مقایسه می شود و زمانی‌که مجموع محلی یک متغیّر با دیگر متغیّرها تفاوت زیادی داشته باشد، به‌صورت تصادفی قرار می‌گیرد؛ بنابراین، ابزار آنالیز نقاط داغ ارزش‌های بالا و پایین را ارزیابی می کند و سپس الگوهای خوشه ای و تصادفی را در گروه داده‌ها مشخص می‌کند (پی‌فن‌کو و همکاران[1]، ۲۰۱۱: ۱۰) و معادلهٔ آن به‌صورت رابطهٔ شمارهٔ (۵) است:

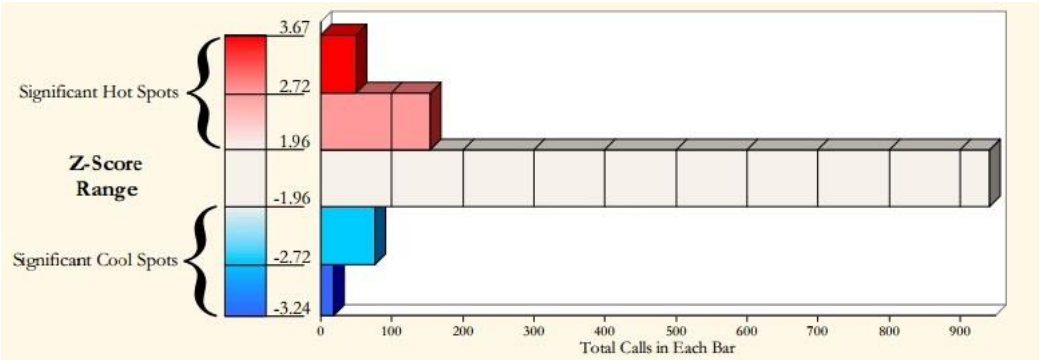
معادله ۵:

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} W_{ij} X_j - \bar{\bar{X}} \sum_{j=1}^{n} W_{ij}}{S \sqrt{\frac{[n \sum_{j=1}^{n} W_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^{n} W_{ij})^2]}{n-1}}}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^{n} X_j}{n} \qquad S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{n} X_j^2}{n} - (\bar{\bar{X}})^2}$$

در این رابطه X_j ارزش صفت کیفی برای متغیّر j؛ W_{ij} وزن فضایی بین متغیّرهای i و j ؛ n برابر با تعداد کل متغیّرها و $\bar{X}$ و S به‌ترتیب برابر با میانگین و واریانس داده‌ها می‌باشد (اسمعیل‌نژاد،۱۳۹۲: ۳).

مقادیر بالای Giz-score، به معنای خوشه ای‌بودن مقادیر مشابه است؛ درحالی‌که مقادیر پایین آن، خوشه‌ای بودن مقادیر غیرمتشابه را نشان می‌دهد. درصورتی‌که ضریب G_i نزدیک به صفر باشد، نشان‌دهندهٔ حداقل رابطهٔ مکانی است. در این تحلیل مکانی، برای تعیین معنی‌داری آماری نقاط داغ از Z-Score و P-Value استفاده می‌شود. به‌طوری‌که مقدار مثبت Z-Score و مقدار کم P-Value، معنی‌داری بالای نقاط داغ و بالعکس مقادیر منفی Z-Score و مقدار کم P-Value، معنی‌داری نقاط سرد را بیان می‌کند (شکل ۱۱). هرچه نمرهٔ Z به‌دست‌آمده نزدیک صفر باشد، داده‌ها حالت پخش فضایی بیشتری خواهند داشت (گتیس و اُورد-جی[2]، ۱۹۹۲: ۱۹۲).



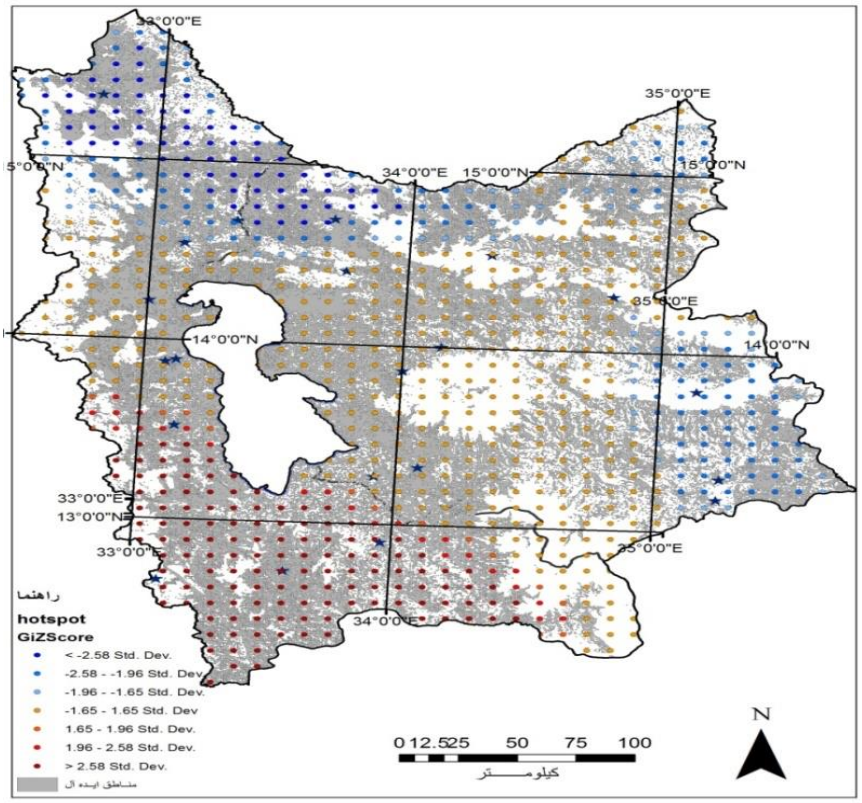
شکل ۱۱. نمودار توزیع نسبی خوشه‌ای و سطح معنی‌داری فراوانی‌ها در مدل Hot Spot

(منبع: نویسندگان،۱۳۹۳)

1. Pei-Fen. Kuo et al

2. Getis,A. and Ord, J.

در ادامهٔ فرایند این پژوهش، برای شناسایی شدیدترین هسته‌های مکانی بارش‌های همرفتی بهاره، از شاخص گتیس واُورد-جی و مدل Hot Spot در محیط GIS استفاده شد. با اجرای تابع Hot Spot بر روی ۸۳۰ نقطهٔ گریدگاهی، با فواصل ۵۰۰ متری بر روی لایهٔ میان‌یابی بارش همرفتی بهاره، تمرکزهای مکانی بارش‌های همرفتی بهاره، مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج پردازش مکانی نقاط بارش‌های همرفتی در پهنهٔ شمال غرب ایران نشان داد که قسمت‌های جنوب غربی محدودهٔ مورد مطالعه (با حدود ۱۵۰ تمرکز مکانی) دارای ضریب G_i مثبت می‌باشند. این نقاط دارای حداکثر روابط مکانی ازنظر رخداد بارش‌های همرفتی بهاره بوده و به‌صورت خوشه‌ای قرار گرفته‌اند؛ بنابراین، این منطقه ازلحاظ توزیع بارش‌های همرفتی دارای نظم مکانی می‌باشد و ازلحاظ آماری با یکدیگر در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار هستند. در نواحی مرکزی و همجوار نواحی همگن و دارای توزیع خوشه‌ای نیز، مکان‌هایی وجود دارند که دارای توزیع تصادفی می‌باشند و حالت گذرا دارند؛ زیرا منطقهٔ حایل بین نواحی با ضریب G_i بالا و پایین می‌باشند. سرانجام در نواحی شمالی و شرقی منطقهٔ مورد مطالعه (حدود ۱۹۵ تمرکز مکانی) که ضریب G_i پایین و منفی است، نقاط سرد را شاهدیم که این نواحی دارای توزیع مکانی ناهمسان و غیرمتشابه ازنظر رخداد بارش‌های همرفتی بهاره بوده و دارای بی‌نظمی مکانی هستند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. اعمال تابع نقاط داغ (Hot Spot) بر روی نقاط میانیابی میانگین بارش بهاره

(منبع: نویسندگان، ۱۳۹۳)

در پایان پژوهش نیز با تهیهٔ لایهٔ سطحی برداری از مناطق مستعد بیشینهٔ بارش همرفتی بهاره و شناسایی نقاط داغ بارش‌های همرفتی بهاره و همچنین مقایسهٔ نتیجه با لایهٔ میان‌یابی مبنا، صحت‌سنجی پروژه مورد ارزیابی قرار گرفت که در نتیجهٔ صحت‌سنجی لایهٔ میان‌یابی بارش بهاره با لایهٔ سطحی مناطق مستعد و ایده‌آل بارش همرفتی بهاره، همپوشانی حدود ۳۷/۱ درصد حاصل شد.

نتیجه‌گیری

بررسی روابط مکانی بین پدیده‌های محیطی در پهنهٔ سرزمین، از مهمترین ارکان برنامه‌ریزی‌های محیطی می‌باشد تا بتوان الگوهای مکانی رخداد این پدیده‌های مکانی را مشخص کرده و نظم یا بی‌نظمی این الگوها را تشخیص داد؛ بنابراین، در پژوهش حاضر پس از شناخت سهم عوامل توپوگرافی و جغرافیایی مؤثر بر بارش‌های همرفتی بهارهٔ شمال غرب کشور با استفاده از محاسبهٔ روابط آماری و مدل‌های تحلیل فضایی در محیط نرم‌افزار GIS، به بررسی و تعیین مکان‌های مستعد اینگونه بارش‌ها پرداخته شد. به‌طوری‌که در نتیجهٔ صحت‌سنجی لایهٔ میان‌یابی بارش بهاره در محدودهٔ مورد مطالعه با نتیجهٔ لایهٔ سطحی شناسایی‌شدهٔ مناطق مستعد و ایده‌آل بارش همرفتی بهاره، همپوشانی حدود ۳۷/۱ درصد حاصل شد. همچنین، در این پژوهش با استفاده از مدل فضایی تحلیل نقاط داغ در محیط GIS، به بررسی رفتار مکانی بارش‌های همرفتی در شمال غرب ایران پرداخته شده تا الگوهای مکانی توزیع بارش‌های همرفتی بهاره در محدودهٔ شمال غرب ایران شناسایی‌شده و نظم یا بی‌نظمی‌های مکانی رخداد اینگونه بارش‌ها مشخص شود. نتایج نشان داد که قسمت‌های جنوب غربی محدودهٔ مورد مطالعه دارای نظم مکانی بوده و از رخداد بالای بارش‌های همرفتی بهاره برخوردار است. بارش‌های همرفتی در این ناحیه دارای توزیع خوشه‌ای بوده، ازنظر مکانی معنی‌دار و دارای رخداد بارشی بهارهٔ همگنی است. درصورتی‌که در مناطق جنبی این ناحیه، که مناطق گذار از منطقهٔ بالای رخداد بارش‌های همرفتی به مناطق با رخداد کم‌تر بارش‌های همرفتی (شمال و شرق محدودهٔ مورد مطالعه) است، توزیع مکانی این بارش‌ها در فصل بهار به‌صورت تصادفی و غیرهمگن هستند. به‌طورکلّی، همان‌طورکه قبلاً در پژوهش‌های محققانی چون چان و لاکوود (۱۹۷۶)، بازیست (۱۹۹۴) و کنراد (۱۹۹۶) نشان داده شده، نقش و رابطهٔ فاکتورهای زمین‌آمار و به‌خصوص ارتفاع با بارش، غیرقابلِ‌انکار است. پس از آن، براساس پژوهش‌هایی چون غیور و مسعودیان (۱۳۷۵)، جوهانسون (۲۰۰۳) و رضایی‌بنفشه (۱۳۸۳)، شکل ناهمواری‌ها و جهت قرارگیری دامنه‌ها در جایگاه بعدی جلوده می‌کند و سرانجام همان‌طورکه پرودهومه (۱۹۹۸) نشان داده است، فاصله از منابع تأمین‌کنندهٔ رطوبتی در تعیین نقاط دارای بیشینهٔ بارش ازلحاظِ اهمیت در رخداد بارش‌های مکانی در جایگاه بعدی قرار می گیرد. در یک جمع‌بندی همان‌گونه‌که نتایج پژوهش حاضر نیز نشان می‌دهد، فاکتورهای مؤثر در رخداد مکان‌های دارای بیشینهٔ بارش‌های همرفتی بهاره در موقعیت جغرافیایی محدودهٔ مورد مطالعه، به‌ترتیب اهمیت شاملِ ارتفاع ناهمواری‌ها در محدودهٔ تعریف شدهٔ زیر ۲۰۰۰ متر، شیب و جهات ناهمواری‌ها و فاصله از منابع تأمین‌کنندهٔ رطوبت منطقه بوده است. چنانکه بیشترین مناطق دارای پتانسیل این‌گونه بارش‌ها بر روی ناهمواری‌های مرکزی و به‌خصوص پهنهٔ جنوب غربی در محدودهٔ مورد مطالعه مشاهده شده که این مناطق نیز منطبق بر مناطق دارای بیشینهٔ رخداد بارش‌های بهاره بوده است؛ بنابراین، عوامل زمین‌اقلیمی مورد بررسی در این پژوهش، در کنار سایر فاکتورهای اقلیمی مؤثر بر رخداد بارش‌های همرفتی بهاره، بااهمیت هستند.

منابع

اسمعیل‌نژاد، مرتضی (۱۳۹۲). شناسایی رفتار مکانی امواج گرمایی سیستان و بلوچستان با برنامهٔ Hot Spot در محیط GIS. نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران، ۳۱ اردیبهشت ۱۳۹۲، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، صص ۷-۱.

اشرفی، سعیده (۱۳۸۹). پهنه‌بندی بارش شمال غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیزی. نشریهٔ پژوهش‌های اقلیم‌شناسی،سازمان هواشناسی کشور، شمارهٔ ۳ و ۴، صص ۲۱-۱.

ثقفیان، بهرام؛ دانش‌کار، آراسته؛ رحیمی، پیمان؛ بندرآبادی، سیما ؛ فتاحی، ابراهیم، محمدزاده، محسن (۱۳۸۹). پیش‌نویس راهنمای روش‌های روش‌های توزیع مکانی عوامل اقلیمی با استفاده از داده‌های داده‌های نقطه ای، وزارت نیرو و معاونت امور آب و آبفا. نشریه دفتر مهندسی و معیارهای فنی

آب و آبفا ، نشریه دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، شمارهٔ ۳۶۸– الف، دی ماه ۱۳۸۹. صص ۱۸۴.

ذوالفقاری، حسن؛ ساری‌صراف، بهروز (۱۳۷۷). مطالعهٔ بارش‌های شمال غرب ایران با تکیه بر تحلیل خوشه‌ای. مجلهٔ دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد، شمارهٔ ۱ و ۲، صص ۲۵۶-۲۴۱.

رضایی‌بنفشه، مجید (۱۳۸۲). تحلیل و مدل‌بندی رژیم‌های بارش در حوضهٔ آبریز قره‌سو. رسالهٔ دکتری اقلیم‌شناسی ، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تبریز.

رضویان، محمدتقی (۱۳۸۸). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، جلد اول، یزد: نشر منشی، چاپ دوم.

سبحانی، بهروز؛ ساری‌صراف، بهروز؛ آزادی‌مبارکی، محمد؛ حسینی، سیداسعد (۱۳۹۲). الگوسازی بارندگی غرب و جنوب غرب دریای خزر با استفاده از روش‌های درون‌یابی فضایی در محیط GIS. جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، شمارهٔ ۳۰، صص ۳۴-۲۳.

سنجری، سارا (۱۳۸۸). راهنمای کاربردی Arc GIS 9.3. جلد اول، تهران: انتشارات عابد، چاپ چهارم.

عساکره، حسین (۱۳۸۳). مدل‌سازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی (مطالعهٔ موردی: بارش سالانهٔ اصفهان). فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، دکتر پاپلی، شمارهٔ پیاپی ۷۴، صص ۲۳۱-۲۱۳.

عساکره، حسین؛ رزمی، ربابه (۱۳۹۰). اقلیم‌شناسی بارش شمال غرب ایران. فصلنامهٔ جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، شمارهٔ ۲۵، صص ۱۵۸-۱۳۷.

علی زاده امید ,آزادی مجید ,علی اکبری بیدختی عباسعلی،۱۳۸۷، بررسی نقش رشته کوه البرز در تقویت سامانه های همدیدی مجله فیزیک زمین و فضا،موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران، دوره ۳۴،شماره ۱،صص ۲۴.

علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). آب و هوای ایران، تهران، جلد اول، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه پیام نور.

علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). نقش کوه‌های البرز بر توزیع ارتفاعی بارش. فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، دکتر پاپلی، دورهٔ ۳۸، شمارهٔ ۳، صص ۵۲-۳۷.

غیور، حسنعلی؛ مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۷۵). بررسی مکانی رابطهٔ بارش با ارتفاع در ایران زمین. فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، دکتر پاپلی، سال یازدهم، شمارهٔ مسلسل ۴۱، ضض ۱۴۴-۱۲۴.

غیور، حسنعلی؛ مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۷۵). بررسی نظام تغییرات مجموع بارش سالانه در ایران زمین. مجلهٔ نیوار، سازمان هواشناسی‌کشور، دورهٔ جدید، شمارهٔ ۲۹، صص ۲۷-۶.

فرهادی، رودابه (۱۳۷۸). تجزیه‌وتحلیل توزیع مکانی و مکان‌یابی مدارس در منطقهٔ ۶ تهران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران.

محمودی، پیمان؛ علیجانی، بهلول (۱۳۹۲). مدل‌بندی رابطهٔ بارش‌های سالانه و فصلی با عوامل زمین- اقلیم در کردستان. نشریهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، سال ۱۳، شمارهٔ ۳۱، صص ۱۱۳-۹۳.

مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۹۰). آب‌وهوای ایران. جلد اول، مشهد: انتشارات شریعه توس، چاپ اول.

معصوم‌پورسماکوش، جعفر؛ میری، مرتضی؛ ذوالفقاری، حسن؛ یاراحمدی، داریوش (۱۳۹۲). تعیین سهم بارش‌های همرفتی شهر تبریز براساس شاخص‌های ناپایداری. نشریهٔ تحقیقات کاربردی علوم‌جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، شمارهٔ ۱۳، صص ۲۴۵-۲۲۷.

میری، مرتضی (۱۳۹۰). واکاوی آماری- همدیدی پدیدهٔ گردوغبار در نیمهٔ غربی ایران. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ جغرافیا، دانشگاه تهران.

Alijani, Bohloul (2008)." Effect of Zagros Mountains on the spatial distribution of precipitation", Journal of Mountain Scinence ,5,218-231.

Basist, A., Bell , G.D. andmeentemeyer,V (1994)." Statistical relationship between topography and precipitation pattern", Journal of Climate,7,1305-1315.

Chainey, S. and J. Cameron. (2000). “Understanding Hot Spots.” Presentation prepared for 2000 CMRC Conference: Where dunit? Investigating the Role of Place in Crime and Criminality. San Diego, CA. 12 pp.

Chuan , G.K. , Lockwood ,J.G. (1974)."An assessment of topographic controls the distribution of rainfall in the central pennins ", meteorological magazine,103, 275-287.

Di Piazza, F. Lo Conti, L.V. Noto, F. Viola, G. La Loggia (2011). Comparative analysis of different techniques for spatial interpolation of rainfall data to create a serially complete monthly time series of precipitation for Sicily, Italy, International Journal of Applied Earth Observation and Geo information 13, 396–408.

Getis,A. and Ord. J. K (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics, Geography analysis 24(3):189-207.

Johansson, B. , chen, D (2003). " The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: statistical analysis and modeling", International Journal of Climatology, 23 ,1523-1535.

Konrad, C (1996). "Relationship between precipitation event types and topography in the southern blue ridge mountains of the southeastern USA", International Journal of Climatology, 16, 49-62.

Pei-Fen. Kuo., Xiaosi Zeng., Dominique Lord (2011). Guidelines for choosing HOT-SPOT Analysis Tools based on Data Characteristics, Network Restrictions and Time Distributions, Submitted for Presentation at the 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Paper No.: 12-3788, 1-21.

Prudhomme .G. and Reed . D.W (1998). "Relationships between extreme daily precipitation and topography in the mountainous region: A case study in Scotland", International Journal of Climatology, 18, 1439-1453.

Shakina, N. P., Skriptunova, E. N., Ivanovaand A. R (2008). Prognostic Significance of Dynamic Factors of Precipitation Generation, Russian Meteorology and Hydrology, No. 5, 290–299.

Taylor B. Ralph (1998). Crime and Place. National in statue of Justice (NIJ), from the word: wide web: http://www.Nij.com, 105pp.