

ارتباط بین شاخص‌های توپوگرافی با بارش‌های فراگیر منطقه کوهستانی البرز

مریم نقوی^۱، بهلول علیجانی^۲، مهری اکبری^۳، ابراهیم فتاحی^۴

تاریخ وصول: ۱۳۹۹/۱۱/۱۰، تاریخ تأیید: ۱۴۰۰/۰۳/۰۷

چکیده

در این مطالعه به منظور بررسی پراکنندگی زمانی و مکانی بارش‌های فراگیر با شاخص‌های توپوگرافیا از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردیده است. متغیر وابسته بارش روزانه فراگیر (۱۲۹ روز) و متغیر مستقل داده‌های مربوط به شاخص‌های توپوگرافی می‌باشد. ابتدا رابطه همبستگی بین بارش‌های فراگیر و شاخص‌های توپوگرافی بر اساس ایستگاه‌های سینوپتیک مشترک در سه فصل زمستان، بهار و پاییز شناسایی و سپس ضرایب همبستگی بررسی و از هر فصل یک روز نمونه با بالاترین میزان ضرایب در اکثریت شاخص‌های توپوگرافی با عنوان نماینده از آن فصل انتخاب گردید. منطقه به شش ناحیه با شباهت توپوگرافی و اقلیمی تقسیم گردیده است. از نظر مقیاس زمانی و مکانی مربوط به بارش فراگیر، در فصل بهار با ۱۸ مورد و فصل زمستان با ۹ مورد و بارش فصل پاییز با ۱۴ مورد رابطه خطی معنادار با شاخص‌های توپوگرافی قابل شناسایی است. از بین شاخص‌های توپوگرافی، قوی‌ترین شاخص مربوط به اختلاف ارتفاع متوسط بلوک‌های ۲۵۰ کیلومتری از متوسط ارتفاع ایستگاه در شعاع ۲٫۵ کیلومتر در جهات مختلف با توجه به فصول مختلف سال می‌باشد و گواه بر این است که منطقه مورد نظر در چه جهتی قرار گرفته باشد تا بارش بیشتری را دریافت نماید. همچنین بارش فراگیر در ناحیه البرز غربی شمالی و مرکزی جنوبی بیشترین و ناحیه البرز غربی جنوبی کمترین رابطه خطی معنادار را با مقادیر شاخص‌ها برقرار نموده است. نتایج وجود رابطه خطی معنادار اکثریت شاخص‌های توپوگرافی (۲۲ شاخص از ۲۴ شاخص) با بارش‌ها را اثبات نموده تا بتوان بیشترین شاخص‌های موثر بر بارش منطقه را جهت برآورد و پیش‌بینی بارش استفاده نمود.

واژگان کلیدی: کوهستان البرز، بارش فراگیر، شاخص‌های توپوگرافی، همبستگی پیرسون.

۱. دانشجوی دکتری رشته اقلیم شناسی سینوپتیک، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

۲. دانشیار دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده علوم جغرافیایی گروه اقلیم شناسی، تهران، ایران، نویسنده مسئول.

۳. دانشیار دانشگاه خوارزمی تهران، دانشکده علوم جغرافیایی گروه اقلیم شناسی، تهران، ایران.

۴. عضو هیأت علمی پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو، تهران، ایران.

مقدمه

بررسی و تحلیل بارندگی امروزه یکی از موضوعات بسیار مهم در تحقیقات علمی و همچنین برنامه‌ریزی‌های زیست محیطی، اقتصادی و کشاورزی است. همچنین توزیع فضایی بارندگی یکی از مهمترین شاخص‌های چرخه طبیعی آب و هوا در کره زمین است. بدین ترتیب مطالعه اقلیم شناسی بارش می‌تواند ضمن شناخت رفتار بارش، امکان برنامه‌ریزی مبتنی بر آن را مهیا سازد (عساکره و همکاران، ۱۳۹۰). طبق یافته‌ها، از نظر عامل صعود، نوع بارندگی به سه گروه گروه دینامیک، همرفتی و اوروگرافیک یا کوهستانی تقسیم شده است. به عنوان نمونه بارندگی کوهستانی پدیده‌ای است که بر اثر صعود اجباری هوا از سدهای کوهستانی ایجاد و یا تشدید می‌گردد. از جمله این سدهای طبیعی کوهستانی در کشور می‌توان به رشته کوه البرز اشاره نمود که با فاصله بسیار کمی از دریا در نوار شمالی کشور گسترده شده است. این پهنه که یک منطقه کوهستانی است مهمترین ویژگی شمال ایران به شمار می‌رود که در امتدادی از شمال غرب ایران تا شمال شرق کشور کشیده شده است و دارای بارندگی قابل ملاحظه‌ای می‌باشد و دارای رژیم‌های فصلی، ماهانه و حتی روزانه مختلفی است که این اختلاف می‌تواند ناشی از وضعیت توپوگرافی متعارض و ناهمگون در بخش‌های مختلف منطقه باشد. ارتفاع این سد کوهستانی در همه جا به استثنای چند گذرگاه کوهستانی بیش از ۱۸۰۰ متر است. در نتیجه از حرکت جریانات هوا به ویژه در جهات شمالی و جنوبی ممانعت نموده و سبب صعود اجباری آن می‌گردد. این امر در نهایت بارندگی‌های کوهستانی را باعث می‌گردد (علیچانی ۱۳۷۴). بنابراین کشف رابطه بارش فراگیر با توپوگرافی در منطقه کوهستانی البرز و بررسی میزان معناداری و شدت همبستگی بارش با شاخص‌های توپوگرافی منطقه از اهداف کار تحقیقاتی مزبور می‌باشد.

با توجه به بررسی‌های انجام گرفته در مطالعات پیشین مشخص گردید که عمده تاثیر کوهستانها بر مکانسیم بارش، شرایط و ویژگی پراکندگی آن است که در این خصوص مطالعات بسیاری در مناطق مختلف جهان صورت گرفته است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به یافته‌های برنز (Burns, 1953)، بلیزدال و چن (Bleasdale, Chan, 1972)، وستون و روی (Weston and Roy, 1994)، گوارتز (Govaerts, 2000)، دیوداتو (Diodato, 2005) اشاره نمود. در این راستا برخی محققین معتقدند با افزایش ارتفاع به دلیل کاهش دما و رسیدن آن به نقطه شبنم میزان بارش افزایش می‌یابد؛ از جمله دونلی و میچل (Donley and Mitchell 1939)، چان و لاکوود (Chau and Lockwood, 1974) استید و لئوپولد (Stidd and Leopold, 1951) راملی (Rumley, 1965). استور و فرگوسن (Stor, and Ferguson, 1972)، هوتون (Houghton, 1979)، دار و راکچه (Dhar and Rakhecha, 1980)، کنراد (Konrad, 1996)، سینگ و کومار (Sing and Kummar, 1997) که در مناطق کوهستانی به ترتیب منطقه جنوب آپالاچی ایالات متحده، کوه‌های پنین شرقی، هاوایی، کوه‌های آند استوایی، رشته کوه‌های کانادا، حوضه‌های شمالی - مرکزی ایالت متحده امریکا، منطقه کوهستانی هیمالیا، مناطق کوهستانی بلورج ایالت متحده،

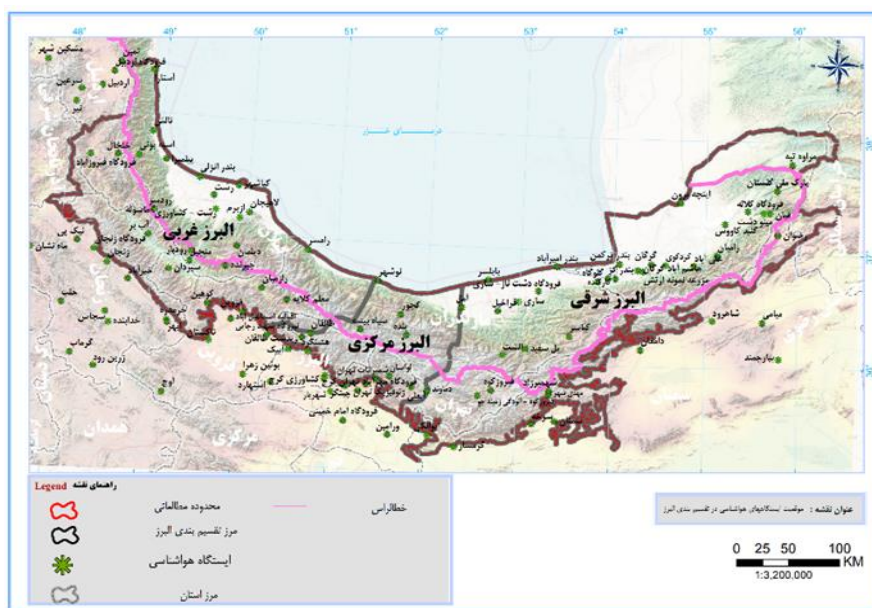
حوضه‌های ساتلج و بیز^۱ در غرب هیمالیا مطالعاتی انجام داده‌اند. علاوه بر افزایش بارش ناشی از ارتفاع، محیط جغرافیایی نیز نقش مهمی در تعیین میزان بارندگی دارد. فاصله از منبع رطوبت عامل آشکاری است که به عنوان مثال توسط گریفیتس و مک ساونی (Griffiths and McSaveney, 1983) و پرودهوم و دانکن (Prudhomme and Duncan, 1999) انجام گرفته است. نتایج کار برخی از محققین همچون هچینسون (Hutchinson, 1973) و اسپرین (Spren, 1947) نشان می‌دهد که معادلات آماری که فقط از متغیرهای توپوگرافی به عنوان پیش‌بینی کننده استفاده می‌کنند، می‌توانند توزیع مکانی میانگین بارش سالانه در مناطق کوهستانی را به طور مؤثر تخمین بزنند. تیلور (Taylor, 1996) از رگرسیون خطی یک متغیره برای تعیین ارتباط آماری بین بارش ماهانه و پارامترهای اوروگرافی (ارتفاع، شیب و جهت شیب) در نواحی کوهستانی بهره گرفت. ایفنگ لو و ژو (Aifeng, Zhou, 2016) به بررسی بارش در حوضه‌های کشور چین با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی پرداختند و ارتفاع و عرض و طول جغرافیایی به عنوان متغیرهای مستقل مورد استفاده قرار دادند. در کار تحقیقاتی که اخیراً ناپلی و همکاران (Napoli, et al, 2019) در کوهستانهای آلپ انجام دادند، مشخص گردید که کوه‌ها بر بارش منطقه ای خود تاثیر می‌گذارند، افزایش اوروگرافیکی بارش توسط عوامل مختلفی از جمله شیب زمین، جهت شیب، پایداری استاتیک جو و ذرات معلق در ستون هوا تحت تاثیر قرار گرفته است. برخی از این عوامل در مقیاس‌های زمانی زمین‌شناسی متفاوتند در حالی که برخی دیگر به خصوصیات ترمودینامیکی و میکروفیزیکی بستگی دارند و می‌توانند تحت تاثیر تغییرات اقلیمی و تغییرات انسانی باشد.

همسو با پژوهش‌های خارجی، پژوهش‌های داخلی نیز مشخص گرداند که ارتفاع هر نقطه از کوهستان به شدت بر میزان بارش آن نقطه تاثیر می‌گذارد. تغییر بارش با توجه به ارتفاع تابع عوامل متعدد محلی و بیرونی است که برآیند آنها در هر محل به نتایج متفاوتی ختم می‌گردد (مجرد و مرادی فر، ۱۳۸۲). برخی محققین از جمله فیض‌نوروزی (۱۳۵۲) و جعفرپور معتقدند که با افزایش ارتفاع به دلیل کاهش دما و رسیدن آن به نقطه شبنم میزان بارش افزایش می‌یابد (جعفرپور، ۱۳۶۷: ۱۸۶). در مقابل برخی از محققین معتقدند که همواره با افزایش ارتفاع بارش افزایش نمی‌یابد و بسته به وضعیت رطوبی و جهت‌گیری دامنه‌ها در برابر جریان‌ها بارانزا امکان رخ دادن وضعیت‌های متفاوت وجود دارد؛ در این راستا می‌توان به پژوهش‌های علیجانی (۱۳۷۴)، مجرد و مرادی فر (۱۳۸۲)، علیجانی (Alijani, 2008)، ساری‌صراف و رجایی (۱۳۸۸) اشاره نمود که با بررسی همبستگی فضایی بین توپوگرافی و بارش در مناطق کوهستانی این اصل را تایید می‌نمایند. البته باید افزود که برخی از محققین داخلی مانند غیور و مسعودیان (۱۳۷۵) نیز معتقدند که برای مطالعه تغییرات مکانی بارش در ایران بهتر است در مدل‌های آماری به جای ارتفاع از طول و عرض جغرافیایی استفاده گردد و یا از این مختصات جغرافیایی کنار ارتفاع استفاده نمود مانند کارهای تحقیقاتی عساکره (۱۳۸۴) در استان اصفهان و فتاحی و همکاران (۱۳۹۵) در حوضه بهشت‌آباد چهار محال و بختیاری. همچنین علاوه بر این عوامل می‌توان از سایر عناصر یا عوامل اقلیمی به خصوص شاخص‌های توپوگرافیکی در زمینه برآورد استفاده نمود. همانطور که رضایی بنفشه و رجایی‌اصل (۱۳۸۱) به تحلیل و مدل‌بندی بارش در حوضه آبریز قره‌سو واقع در استان گرگان پرداخته‌اند. آن‌ها ارتباط میانگین بارش سالیانه و فصلی را با عوامل جغرافیایی، یعنی طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، فاصله

از کوه و فاصله از دریا را به روش همبستگی‌های چندمتغیره بررسی نموده اند. عزیزی و همکاران (۱۳۸۹) ارتباط بین بارش و ارتفاع را از طریق مدل رگرسیون در منطقه زاگرس میانی مطالعه نمودند و بدین منظور بارندگی به عنوان متغیر وابسته و ارتفاع، شیب، جهت شیب، طول و عرض جغرافیایی، فاصله از خط مبنای غربی و فاصله از خط الرأس به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند و پیشنهاد شده که از شاخص فاصله از خط الرأس برای مدل‌سازی تغییرات مکانی بارش در زاگرس میانی استفاده گردد. هادیانی و همکاران (۱۳۹۰) معتقدند که در مناطق شمالی کشور نزدیکی کوه و دریا که در برخی مناطق به کمتر از ۱۰ کیلومتر می‌رسد و همچنین وجود رشته کوه البرز سبب شده انواع سیستم‌های بارندگی در بازه‌های زمانی کوتاه مدت به شدت وابسته به شرایط توپوگرافی منطقه باشد. بنابر پیشینه مطالعاتی انجام گرفته، اکثریت عوامل و شاخص‌های موثر بر بارش فراگیر منطقه کوهستانی البرز شناسایی گردید و رابطه همبستگی این شاخص‌ها با بارش فراگیر مورد بررسی و شناسایی قرار گرفته و نتایج کار در راستای مقایسه با نتایج پیشین مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

روش تحقیق

منطقه کوهستانی البرز با طول حدود ۷۶۴ کیلومتر از خراسان شمالی تا میانه استان اردبیل و پهنای بین ۱۹ تا ۱۵۷ کیلومتر می‌باشد از سمت غرب به کوه‌های تالش، از جنوب به کوهپایه‌های البرز و از شرق به کوه‌های خراسان محدود می‌گردد. مساحت این منطقه $95648,25 \text{ km}^2$ بوده و حدود ۱۷,۲ درصد مساحت کل ایران (1648195 km^2) را به خود اختصاص داده‌است. (شکل شماره ۱).



شکل ۱: موقعیت محدوده مطالعاتی و جایگاه هر ایستگاه سینوپتیک در منطقه کوهستانی البرز

منطقه مطالعاتی با توجه به موقعیت خاص توپوگرافی پیچیده خود دارای نوسانات شدید مقادیر بارش دریافتی و مقادیر دمایی در مناطق مختلف می‌باشد. بر اساس تحلیل‌های آماری انجام گرفته در بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۱۹-۱۹۹۰) ایستگاه سینوپتیک کشاورزی کرج واقع در استان البرز با داشتن میانگین بارش سالانه $60,8$ میلی‌متر کمترین بارش و ایستگاه سینوپتیک بندر انزلی گیلان با میانگین سالانه بارش $1697,7$ میلی‌متر بیشترین میزان بارش دریافتی در محدوده مطالعاتی را دارا می‌باشد. از نظر توزیع فصلی بارش، بیشترین بارش فصلی مربوط به فصل پاییز و ایستگاه بندر انزلی گیلان با مقدار $862,13$ میلی‌متر می‌باشد و کمترین بارش فصلی مربوط به فصل تابستان و ایستگاه سرخه سمنان با روزهای بدون بارش می‌باشد. همچنین پایین‌ترین دمای میانگین روزانه مربوط به ایستگاه سینوپتیک کردکوی استان گلستان با

میزان ۱,۹۱ درجه سانتیگراد و بالاترین دما مربوط به ایستگاه سینوپتیک نیک پی استان سمنان با میزان ۲۱ درجه سانتیگراد شناسایی گردیده است.

داده و روش کار

به منظور بررسی وجود رابطه معنادار بین شاخص‌های توپوگرافی و پراکنش بارش‌های فراگیر منطقه مطالعاتی دو گروه داده با مقیاس اندازه گیری نسبی مورد استفاده قرار گرفته که عبارتند از:

۱- داده‌های بارش ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور. ایستگاه‌های مورد مطالعه شامل تمامی ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌های اردبیل و گیلان و مازندران و گلستان و سمنان و تهران و البرز و قزوین و زنجان بوده است و طول دوره آماری ایستگاه‌ها یک دوره بلند مدت سی ساله (۲۰۱۹-۱۹۹۰) می‌باشد. از بین داده‌های جمع آوری و مرتب شده، بارش‌های فراگیر بر اساس انتخاب روزهایی که در آن منطقه مورد مطالعه دارای بارش در بیشتر از ۷۰ درصد ایستگاه‌های سینوپتیک بوده است مورد بررسی قرار گرفته است. در این مرحله ۱۲۹ روز بارش فراگیر شناسایی گردید.

۲- داده‌های مربوط به شاخص‌های توپوگرافی که با استفاده از نرم افزار (GIS) از چند لایه اطلاعاتی شامل: مدل رقومی ارتفاعی (DEM-SRTM) با قدرت تفکیک ۸۵ متری، لایه اطلاعاتی کوه و دشت شرکت مدیریت منابع آب کشور و لایه مرز حوضه آبریز شرکت مدیریت منابع آب کشور استخراج گردیده است. این مرحله یکی از مهمترین مراحل کار می‌باشد. لذا در این مرحله در جهت بررسی رابطه شاخص‌های توپوگرافی بر پراکنش و میزان بارش در نقاط مختلف منطقه مورد مطالعه، می‌بایست موقعیت نقاط را از نظر مشخصه‌های توپوگرافی هر نقطه ایستگاهی که شامل موارد زیر می‌باشد بررسی نماییم:

ارتفاع ایستگاه سینوپتیک (E.St)، شیب ایستگاه (Slope)، جهت شیب ایستگاه (Direction)، طول جغرافیایی (Lon) و عرض جغرافیایی (Lat) ایستگاه که می‌توانند بیانگر دوری و نزدیکی از منابع رطوبتی باشند (طول جغرافیایی با توجه به توده‌هواهای دارای منشأ مدیترانه و مهاجر و عرض جغرافیایی با توجه به توده‌هواهای دارای منشأ شمالی)، فاصله از خط مبنای شمالی (Dist.sea) فاصله ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مطالعاتی از خط ساحلی دریای خزر، فاصله از خط الرأس یا ستیغ کوه (Dist.Ridge) فاصله ایستگاه‌های سینوپتیک از محور مرتفع ناهمواری ها به عنوان عامل صعود توده‌های هوا در نظر گرفته شده است.، ارتفاع متوسط ایستگاه در یک شعاع ۲,۵ کیلومتری (E.st.2.5)، ارتفاع متوسط هشت بلوک با مساحت ۲۵۰ کیلومتر (طول پنجاه کیلومتر و عرض پنج کیلومتر) در جهات هشتگانه جغرافیایی به مرکزیت ایستگاه سینوپتیک (E.B₂₅₀) (شامل: شمال (E.B₂₅₀.N)^۱، شمال شرقی (E.B₂₅₀.NE)^۲، شرق (E.B₂₅₀.E)^۳، جنوب شرقی

1. Geographic information system
2. Digital elevation model
3. Shuttle Radar Topography Mission
4. the Elevation of synoptic station
5. Longitude
6. Latitude
7. the Distance from the Sea
8. the Distance from the Ridge
9. the mean Elevation of Station within 2.5 km
 - 1 . the mean Elevation 250 km Blocks in eight direction
 - 1 . the mean Elevation 250 km Blocks in the North direction
 - 1 . the mean Elevation 250 km Blocks in the Northeast direction
 - 1 . the mean Elevation 250 km Blocks in the East direction

(E.B250.SE) جنوب (E.B250.S) جنوب غربی (E.B250.SW) غرب (E.B250.W) شمال غربی (E.B250.NW)، اختلاف ارتفاع متوسط آن هشت بلوک از ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتری (ED) که این شاخص نیز همانند شاخص پیشین دارای هشت مقدار عددی در جهات هشتگانه جغرافیایی می باشد (شامل: شمال (ED.N)، شمال شرقی (ED.NE)، شرق (ED.E)، جنوب شرقی (ED.SE)، جنوب (ED.S)، جنوب غربی (ED.SW)، غرب (ED.W)، شمال غربی (ED.NW)). بررسی ارتفاع در جهت های هشتگانه جغرافیایی یکی از مهم ترین پارامترهای توپوگرافی است که تغییر ارتفاع در هر جهت توضیحی بر تغییرات میزان بارش ایستگاه سینوپتیک را ارائه می دهد و به طور غیر مستقیم جهت های نفوذ توده هوای مرطوب و منطقه صعود اوروگرافیک را نشان می دهد (Alijani, 2008). در نهایت امر بیست و چهار شاخص توپوگرافی شناسایی و مورد بررسی قرار گرفته است.

در این پژوهش به منظور بررسی رابطه پراکندگی زمانی و مکانی بارندگی و شاخص های توپوگرافی منطقه مطالعاتی از آزمون های همبستگی استفاده گردیده است. در تحلیل های چند متغیره آماری، برای نمایش میزان همبستگی بین دو یا چند متغیر، از ضریب همبستگی پیرسون که میزان وابستگی را به صورت استاندارد شده نمایش می دهند استفاده می گردد. ضریب همبستگی شدت رابطه و همچنین نوع رابطه (مستقیم یا معکوس) را نشان می دهد و معمولاً ضرایب همبستگی مقداری در بازه ۱- تا ۱ دارند. هر چه مقدار قدر مطلق این ضریب ها به یک نزدیک تر باشد، میزان وابستگی بین متغیرها بیشتر است و می توان نتیجه گرفت که روند هم جهت بودن یا مخالف بودن دو پارامتر مورد بررسی، جدی تر است. صفر بودن ضریب همبستگی به این معناست که دو پارامتر در فضایی که مورد بررسی قرار گرفته مستقل از یکدیگر بوده اند و بر اساس اطلاعات موجود از کاهش یا افزایش یکی، نمی توان در مورد کاهش یا افزایش دیگری اظهار نظر نمود.

از آنجایی که ضریب همبستگی پیرسون، با شرط وجود رابطه خطی و همچنین توزیع نرمال دو متغیره برای داده ها، بهتر عمل می نماید. اگر این دو شرط (خطی بودن و توزیع نرمال) وجود داشته باشد، استفاده از این ضریب بلا مانع می باشد. در محیط نرم افزار spss معمولاً برای نمایش یا ارزیابی وجود رابطه بین دو متغیر از نمودار پراکندگی (scatterplot) استفاده می گردد. همچنین برای بررسی نرمال بودن متغیرها از ترسیم نمودار هیستوگرام در فضای spss استفاده گردیده است. در این مطالعه نیز در اولین اقدام، با رسم چنین نمودارهایی، رابطه بین متغیرها را بررسی نموده، سپس به محاسبه شدت رابطه پرداخته شده است.

با توجه به اینکه ضریب همبستگی پیرسون بر اساس میانگین و واریانس محاسبه می گردد، ممکن است در مقابل داده های پرت منحرف گردیده و میزان همبستگی را به درستی نشان ندهد. برای حل این مسئله و رسیدن به نتایج بهتر یکسری عملیات آماری انجام گرفته است، از جمله رابطه همبستگی بین بارش های فراگیر و شاخص توپوگرافی بر اساس ایستگاه های سینوپتیک مشترک محاسبه گردیده است. سپس با تحلیل نتایج همبستگی ۱۲۹ روز بارش فراگیر با مقادیر

1. the mean Elevation 250 km Blocks in the Southeast direction
2. the mean Elevation 250 km Blocks in the South direction
3. the mean Elevation 250 km Blocks in the Southwest direction
4. the mean Elevation 250 km Blocks in the West direction
5. the mean Elevation 250 km Blocks in the Northwest direction
6. the Elevation Difference, ED=E.B250 - E.st2.5
7. the Elevation Difference in the North direction
8. the Elevation Difference in the Northeast direction
9. the Elevation Difference in the East direction
- 1 . the Elevation Difference in the Southeast direction
- 1 . the Elevation Difference in the South direction
- 1 . the Elevation Difference in the Southwest direction
- 1 . the Elevation Difference in the West direction
- 1 . the Elevation Difference in the Northwest direction
- 1 . Pearson Correlation Coefficient

محاسبه شده هر یک از شاخص‌ها به فصل‌بندی این روزها اقدام گردید و با توجه به اینکه فصل تابستان فاقد بارش فراگیر می‌باشد، در این مطالعه سه فصل زمستان، بهار و پاییز بر اساس سال میلادی و تقویم هواشناسی (طبق تقویم هواشناسی روز اول زمستان همیشه ۱ دسامبر است) دارای بارش فراگیر گردیدند و در ادامه ضرایب همبستگی با فاصله اطمینان ۹۵ درصد در سطح معناداری ۰,۰۵ بررسی و از هر فصل یک روز نمونه با بالاترین میزان ضرایب همبستگی در اکثریت شاخص‌های توپوگرافی با عنوان نماینده از آن فصل انتخاب گردید. از سویی دیگر منطقه به شش ناحیه با شباهت توپوگرافی و اقلیمی بر اساس لایه اطلاعاتی خط الرأس (دو قسمت اصلی البرز شمالی و البرز جنوبی) و مرزهای محدوده البرز مرکزی که این محدوده توسط دره هراز- جاجرود در شرق و دره کرج - چالوس در غرب شناخته می‌شود، (البرز شرقی و البرز غربی و البرز مرکزی) در داخل منطقه مطالعاتی تقسیم گردیده است. با توجه به شکل شماره (۱) و جدول شماره (۱) موقعیت هر ایستگاه سینوپتیک نسبت به نواحی ششگانه در منطقه مطالعاتی قابل شناسایی است. در این مرحله سه روز منتخب بارش فراگیر با شاخص‌های توپوگرافی در هر یک از نواحی ششگانه رشته کوه البرز مورد ارزیابی قرار گرفته و میزان و شدت رابطه همبستگی آنها تعیین گردیده است.

جدول ۱: میزان بارش روزهای نمونه هر فصل بهار، زمستان و پاییز بر حسب میلی متر در هر یک از ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مطالعاتی

موقعیت در البرز	استان	ایستگاه سینوپتیک	۲۰/۱۲/۲۰۱۰	۳۰/۱۰/۲۰۱۱	۲۰/۱۲/۲۰۱۱	ایستگاه سینوپتیک	۲۰/۱۲/۲۰۱۰	۳۰/۱۰/۲۰۱۱	۲۰/۱۲/۲۰۱۱
البرز غربی شمالی	اردبیل	پارس آباد	۳	۱۳,۴	۴۰,۱	گلستان	البرز شرقی شمالی	۳	۱۳,۴
		بيله سوار	۳	۱۴,۴	۴,۴			۳	۱۴,۴
		گرمی	۲	-	-			۲	-
		فرودگاه اردبیل	۱,۴	۳,۱	۳,۲			۱,۴	۳,۱
		مسکن شهر	۴,۴	-	-			۴,۴	-
		نمین	-	۴	۰,۴			-	۴
		سرعین	۴	۳,۴	۳,۴			۴	۳,۴
		اردبیل	۳,۴	۶,۴	-			۳,۴	۶,۴
		نیور	۳,۰	-	-			۳,۰	-
		خلخال	۲,۴	۱,۰	-			۲,۴	۱,۰
		فرودگاه فیروزآباد	۲	-	۰,۴			۲	-
		طاققان	۱۰	-	-			۱۰	-
		ریدشت طالقان	-	۱۴	-			-	۱۴
		هشتگرد	۱,۴	۱,۴	۱,۴			۱,۴	۱,۴
		کرج	۱,۰	۱,۰	۱,۰			۱,۰	۱,۰
البرز مرکزی جنوبی	تهران	کشاوری کرج	۱۳,۴	-	-	گیلان	البرز غربی شمالی	۱۳,۴	-
		اشتهارد	-	-	-			-	-
		لوسان	۱,۴	۱,۱	-			۱,۴	۱,۱
		شمیرانات تهران	-	-	-			-	-
		شهریار	۳,۵	-	-			۳,۵	-
		زادویهک تهران	۲,۴	-	-			۲,۴	-
		چیتگر	۳,۴	-	-			۳,۴	-
		دماوند	۵,۴	-	-			۵,۴	-
		فیروزکوه	۲	-	-			۲	-
		فیروزکوه اودکی ریمته جو	۱۰	-	-			۱۰	-
		آملی	۵,۴	-	-			۵,۴	-
		فرودگاه مهرآباد تهران	۱,۴	-	-			۱,۴	-
		فرودگاه امام خمینی	-	-	-			-	-
		ورامین	-	-	-			-	-
		رشتوان	۲	-	-			۲	-
شاهرود	۳	-	-	۳	-				
میامی	-	-	-	-	-				
دامغان	-	-	-	-	-				
نیارجمند	۱,۴	-	-	۱,۴	-				
مهدی شهر	۲,۵	-	-	۲,۵	-				
شهریاراد	۱۲,۴	-	-	۱۲,۴	-				
سمنان	-	-	-	-	-				
سرخه	۳,۰	-	-	۳,۰	-				
ایوانکی	-	-	-	-	-				
گرمسار	۱	-	-	۱	-				
سیردان	۳	-	-	۳	-				
ارامیه	۴,۲	-	-	۴,۲	-				
معلم کلاهی	۵	-	-	۵	-				
کوهین	۱	-	-	۱	-				
فروین	۰,۳۲	-	-	۰,۳۲	-				
اوج	-	-	-	-	-				
اقبالیه اسماعیل آباد	-	-	-	-	-				
نیوگاه شهید رجایی	-	-	-	-	-				
تاکستان	-	-	-	-	-				
آبیک	-	-	-	-	-				
پوتین رها	-	-	-	-	-				
مراوه تپه	۳,۵	-	-	۳,۵	-				
پارک ملی گلستان	۱,۴,۱	-	-	۱,۴,۱	-				
ایتنه بیرون	-	-	-	-	-				
فرودگاه کلاهی	۵,۴	-	-	۵,۴	-				

نتایج

بر اساس یافته‌های بدست‌آمده از بررسی بارش‌های فراگیر در طی دوره آماری (۲۰۱۹-۱۹۹۰)، مشخص گردید که فراگیری بارندگی منطقه مطالعاتی در سه فصل بهار، پاییز و زمستان در سطح خطای ۰,۵٪ و با احتمال اطمینان ۹۵ درصد رابطه خطی معناداری با شاخص‌های توپوگرافی منطقه مطالعاتی دارد. بر این اساس جهت بررسی دقیقتر این رابطه یک روز نمونه بر اساس بالاترین ضرایب همبستگی با عنوان نماینده از هر فصل زمستان، بهار و پاییز انتخاب و نوع و جهت رابطه و میزان قدرت این ارتباط مورد مطالعه قرار گرفته است. (لازم به ذکر است که جهت جلوگیری از تکرار عبارات طولانی مربوط به معرفی شاخص‌های توپوگرافی ارتفاع متوسط هشت بلوک پنجاه کیلومتری در جهات هشتگانه جغرافیایی به مرکزیت ایستگاه سینوپتیک و اختلاف ارتفاع متوسط آن هشت بلوک از ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتری از عبارات مختصر مربوط به هر شاخص که در بخش روش کار ذکر گردیده است، استفاده می‌گردد).

۱. تأیید وجود رابطه خطی معنادار:

الف. بارش فراگیر فصل بهار (روز نمونه ۲۰/۳/۲۰۱۹):

بارش فراگیر فصل بهار (شکل شماره ۲) دارای بیشترین تعداد آماره معناداری با شاخص‌های توپوگرافی در سراسر منطقه مطالعاتی با ۱۸ مورد می‌باشد که شامل: طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع نقطه ایستگاه، فاصله از دریای خزر، ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتری، ارتفاع متوسط بلوک‌های ۲۵۰ کیلومتری در تمامی جهات هشتگانه جغرافیایی و شاخص‌های (ED.S)(ED.SE)(ED.E)(ED.NE)(ED.N).

همچنین بیشترین رابطه خطی معنادار در این روز مربوط به منطقه البرز غربی شمالی (۴۱ درصد) می‌باشد. در این منطقه از البرز، ۱۰ شاخص دارای همبستگی معنادار با بارش روز مذکور می‌باشد که عبارتند از: شاخص‌های طول جغرافیایی، ارتفاع نقطه ایستگاه، فاصله از دریای خزر، ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتری و شاخص‌های (E.B₂₅₀.N)(E.B₂₅₀.NE)(E.B₂₅₀.E)(E.B₂₅₀.S)(E.B₂₅₀.W)(E.B₂₅₀.NW). در واقع این منطقه، محدوده بارش بیشینه منطقه مطالعاتی، یعنی استان‌های گیلان و اردبیل می‌باشد و در این روز دارای میانگین بارش ۸ میلیمتر بوده و حداقل بارش آن مربوط به ایستگاه ماسوله گیلان با مقدار ۰,۱ میلی‌متر و حداکثر بارش آن در ایستگاه رشت گیلان با مقدار ۳۷ میلی‌متر می‌باشد.

ب. بارش فراگیر فصل پاییز (روز نمونه ۳۰/۱۰/۲۰۱۱):

بارش فراگیر فصل پاییز (شکل شماره ۳) دارای آماره معناداری با ۱۴ شاخص توپوگرافی در سراسر منطقه مطالعاتی می‌باشد که این شاخص‌های توپوگرافی عبارتند از: ارتفاع نقطه ایستگاه، شیب ایستگاه، ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتری و شاخص‌های (E.B₂₅₀.N)(E.B₂₅₀.E)(E.B₂₅₀.W)(E.B₂₅₀.NW), (ED.NE)(ED.N)(ED.E) همچنین بیشترین رابطه خطی معنادار در این روز مربوط به منطقه البرز مرکزی جنوبی (۳۳ درصد) می‌باشد. در این منطقه از البرز، ۱۰ شاخص دارای رابطه همبستگی معنادار با بارش روز مزبور بوده است که عبارتند از: شاخص‌های طول جغرافیایی، ارتفاع نقطه ایستگاه، فاصله از دریای خزر، ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتری و شاخص‌های (E.B₂₅₀.N)(E.B₂₅₀.NE)(E.B₂₅₀.E)(E.B₂₅₀.S)(E.B₂₅₀.W)(E.B₂₅₀.NW). در واقع بخشی از استان‌های گیلان، زنجان، البرز، قزوین و تهران می‌باشد. این منطقه در این روز دارای میانگین بارش ۱۰,۳۹ میلیمتر می‌باشد و حداقل بارش آن مربوط به ایستگاه آستارا گیلان با مقدار ۰,۱ میلی‌متر و حداکثر بارش این منطقه مربوط به ایستگاه پلمبرا گیلان با مقدار ۳۳ میلی‌متر می‌باشد.

ج. بارش فراگیر فصل زمستان (روز نمونه ۲۶/۱/۲۰۱۰):

بارش فراگیر فصل زمستان (شکل شماره ۴) دارای کمترین آماره معناداری با شاخص‌های توپوگرافی در سراسر منطقه مطالعاتی می‌باشد که این رابطه خطی با ۹ مورد از شاخص‌های توپوگرافی برقرار است که عبارتند از: طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، شیب ایستگاه، فاصله از دریا و شاخص‌های (E.B250.N)(E.B250.NE)(E.B250.E)(E.B250.SW) و (ED.W).

همچنین بیشترین رابطه خطی معنادار در این روز مربوط به منطقه البرز غربی شمالی (۲۵ درصد) می‌باشد. در این منطقه از البرز ۶ شاخص دارای رابطه همبستگی معنادار با بارش روز مزبور بوده است که عبارتند از: شاخص‌های طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، فاصله از دریای خزر و شاخص‌های (E.B250.N)(E.B250.NE)(E.B250.E). در واقع این منطقه، محدوده بارش بیشینه منطقه مطالعاتی، یعنی استان‌های گیلان و اردبیل می‌باشد و در این روز دارای میانگین بارش ۱۲٫۶ میلیمتر بوده و حداقل بارش آن مربوط به ایستگاه نمین اردبیل با مقدار ۰٫۶ میلی‌متر و حداکثر بارش آن در ایستگاه رشت گیلان با مقدار ۴۰ میلی‌متر می‌باشد.

۲. جهت رابطه خطی معنادار:

الف. بارش فراگیر فصل بهار (روز نمونه ۲۰/۳/۲۰۱۹):

پس از تایید رابطه خطی معنادار بین ۱۸ شاخص توپوگرافی مذکور با بارش‌های فراگیر روز مورد نظر، مشخص گردید که از بین این تعداد، جهت رابطه در ۷ شاخص طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و شاخص‌های (ED.S)(ED.SE)(ED.E)(ED.NE)(ED.N) مثبت و مستقیم و نیز در ۱۱ مورد شامل شاخص‌های ارتفاع نقطه ایستگاه، فاصله از دریای خزر، ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲٫۵ کیلومتری، ارتفاع متوسط بلوک‌های ۵۰ کیلومتری در تمامی جهات هشتگانه جغرافیایی منفی و معکوس می‌باشد.

از سویی دیگر منطقه البرز غربی شمالی نسبت به سراسر منطقه مطالعاتی دارای بیشترین رابطه خطی معنادار در این روز است. که شامل رابطه معنادار بارش روز نمونه با ۱۰ شاخص توپوگرافی است که عبارتند از: همبستگی مثبت و مستقیم با شاخص طول جغرافیایی و همبستگی منفی و معکوس با شاخص‌های ارتفاع نقطه ایستگاه، فاصله از دریای خزر، ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲٫۵ کیلومتری و شاخص‌های (E.B250.N)(E.B250.NE)(E.B250.E) و (E.B250.NW)(E.B250.S)(E.B250.W).

ب. بارش فراگیر فصل پاییز (روز نمونه ۳۰/۱۰/۲۰۱۱):

پس از تایید رابطه خطی معنادار بین ۱۴ شاخص توپوگرافی مذکور با بارش‌های فراگیر روز مورد نظر، مشخص گردید که از بین این تعداد، جهت رابطه در ۷ شاخص ارتفاع نقطه ایستگاه، شیب ایستگاه و شاخص‌های (ED.NW)(ED.W)(ED.SW)(ED.S)(ED.N) مثبت و مستقیم و نیز در ۷ شاخص توپوگرافی شامل ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲٫۵ کیلومتری و شاخص‌های (E.B250.N)(E.B250.E)(E.B250.NW)(E.B250.W) و (ED.E)(ED.NE) رابطه همبستگی منفی و معکوس است.

از سویی دیگر منطقه البرز مرکزی جنوبی نسبت به سراسر منطقه مطالعاتی دارای بیشترین رابطه خطی معنادار در این روز است. که شامل رابطه معنادار بارش روز نمونه با ۸ شاخص توپوگرافی است که عبارتند از: همبستگی مثبت و مستقیم با شاخص‌های (ED.SW)(ED.S) و همبستگی منفی و معکوس با شاخص‌های ارتفاع نقطه ایستگاه، متوسط ارتفاع ایستگاه در شعاع ۲٫۵ کیلومتر و شاخص‌های (E.B250.N)(E.B250.E)(E.B250.NW)(E.B250.W).

ج. بارش فراگیر فصل زمستان (روز نمونه ۲۶/۱/۲۰۱۰):

پس از تایید رابطه خطی معنادار بین ۹ شاخص توپوگرافی مذکور با بارش‌های فراگیر روز مورد نظر، مشخص گردید که از بین این تعداد، جهت رابطه در ۵ شاخص طول جغرافیایی و (E.B250.N)(E.B250.NE)(E.B250.NW) و (ED.W)

مثبت و مستقیم و نیز در ۴ مورد شامل شاخص‌های عرض جغرافیایی، شیب ایستگاه، فاصله از دریا و (E.B250.E) منفی و معکوس می‌باشد.

از سویی دیگر منطقه البرز غربی شمالی نسبت به سراسر منطقه مطالعاتی دارای بیشترین رابطه خطی معنادار در این روز است. که شامل رابطه معنادار بارش روز نمونه با ۶ شاخص توپوگرافی است که عبارتند از: همبستگی مثبت و مستقیم با شاخص طول جغرافیایی و همبستگی منفی و معکوس با شاخص‌های عرض جغرافیایی، فاصله از دریای خزر و شاخص‌های (E.B250.N)(E.B250.NE)(E.B250.E).

۳. شدت رابطه خطی (میزان ضریب همبستگی):

الف. بارش فراگیر فصل بهار (روز نمونه ۲۰۱۹/۳/۲۰):

فصل بهار دارای بیشترین میزان همبستگی در سراسر منطقه مطالعاتی می‌باشد و بارش روز نمونه آن در سراسر منطقه مورد بررسی دارای رابطه همبستگی متوسط و قوی معنادار با مقادیر شاخص‌های توپوگرافی است. بالاترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به شاخص اختلاف ارتفاع متوسط ایستگاه در بلوک ۵۰ کیلومتری شرقی از متوسط ارتفاع ایستگاه در شعاع ۲٫۵ کیلومتر با میزان عددی ۰٫۹۲۶ و در سطح خطای ۰٫۰۲۴ در منطقه البرز شرقی برآورد شده است که به معنای همبستگی بسیار قوی مثبت یا مستقیم می‌باشد. پایین‌ترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به شاخص ارتفاع متوسط بلوک ۵۰ کیلومتری در جهت شمال غربی با میزان عددی (۰٫۴۷۲-) در سطح معناداری ۰٫۰۴۸ می‌باشد که نشانگر رابطه همبستگی متوسط منفی یا معکوس این شاخص با بارش فراگیر است.

از سویی دیگر در منطقه البرز غربی شمالی که دارای بیشترین رابطه خطی معنادار در این روز می‌باشد. بیشترین ضریب همبستگی مربوط به شاخص طول جغرافیایی (۰٫۷۲۱) در سطح معناداری ۰٫۰۱ است که همبستگی قوی مستقیم را نشان می‌دهد و کمترین مقدار این ضریب مربوط به همان شاخص ارتفاع متوسط بلوک ۵۰ کیلومتری در جهت شمال غربی (E.B250.N) با میزان ۰٫۴۷۲- در سطح معناداری ۰٫۰۴۸ می‌باشد که حاکی از همبستگی متوسط معکوس این شاخص با بارش فراگیر است.

ب. بارش فراگیر فصل پاییز (روز نمونه ۲۰۱۱/۱۰/۳۰):

فصل پاییز در سراسر منطقه کوهستانی البرز دارای رابطه همبستگی متوسط و قوی و بسیار قوی با مقادیر شاخص‌های توپوگرافی است. بالاترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به شاخص اختلاف ارتفاع متوسط ایستگاه در بلوک ۵۰ کیلومتری شرقی از متوسط ارتفاع ایستگاه در شعاع ۲٫۵ کیلومتر با میزان عددی ۰٫۹۲۰- و در سطح خطای ۰٫۰۰۹ در منطقه البرز مرکزی شمالی برآورد شده است که به معنای همبستگی بسیار قوی منفی یا معکوس می‌باشد. پایین‌ترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به شاخص ارتفاع متوسط بلوک ۵۰ کیلومتری در جهت شمال غربی با میزان ۰٫۴۳۷- در سطح معناداری ۰٫۰۴۲ می‌باشد، که نشانگر رابطه همبستگی متوسط منفی یا معکوس این شاخص با بارش فراگیر است. از سویی دیگر در منطقه البرز مرکزی جنوبی که دارای بیشترین رابطه خطی معنادار در این روز می‌باشد. بیشترین ضریب همبستگی مربوط به شاخص متوسط ارتفاع ایستگاه در شعاع ۲٫۵ کیلومتر (۰٫۵۶۰-) در سطح معناداری ۰٫۰۰۷ است، که همبستگی متوسط معکوس را نشان می‌دهد و کمترین مقدار این ضریب مربوط به همان شاخص ارتفاع متوسط بلوک ۵۰ کیلومتری در جهت شمال غربی با میزان ۰٫۴۳۷- در سطح معناداری ۰٫۰۴۲ می‌باشد، که همبستگی متوسط معکوس این شاخص با بارش فراگیر را نشان می‌دهد.

ج. بارش فراگیر فصل زمستان (روز نمونه ۲۰۱۰/۱/۲۶):

فصل زمستان در سراسر منطقه کوهستانی البرز دارای رابطه همبستگی متوسط با مقادیر شاخص‌های توپوگرافی است. بالاترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به شاخص ارتفاع متوسط ایستگاه در بلوک ۵۰ کیلومتری در جهت جنوب غربی

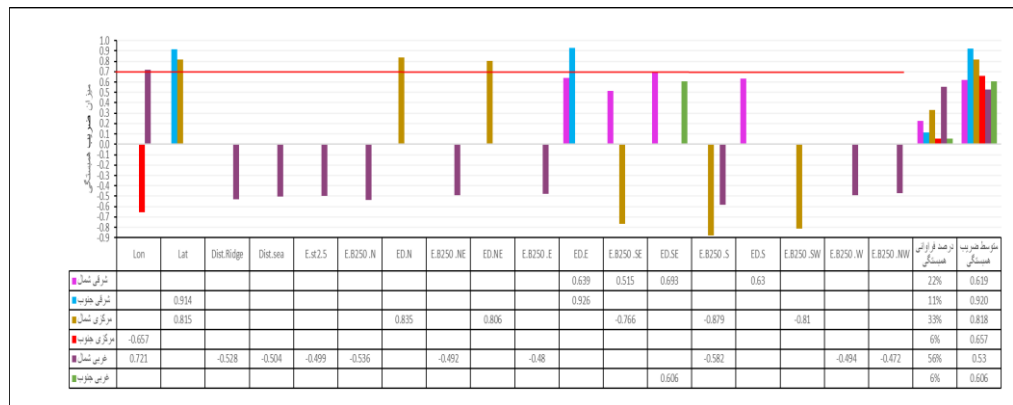
با میزان عددی ۰,۸۴۳ و در سطح خطای ۰,۰۰۲ در منطقه البرز غربی جنوبی برآورد شده است که به معنای همبستگی بسیار قوی مثبت یا مستقیم می‌باشد. پایین‌ترین مقدار ضریب همبستگی مربوط به شاخص ارتفاع متوسط بلوک ۵۰ کیلومتری در جهت شرق با میزان عددی ۰,۴۳۶- در سطح معناداری ۰,۰۴۸ می‌باشد، که نشانگر رابطه همبستگی متوسط منفی یا معکوس این شاخص با بارش فراگیر است.

از سویی دیگر در منطقه البرز غربی شمالی که دارای بیشترین رابطه خطی معنادار در این روز می‌باشد. بیشترین ضریب همبستگی مربوط به عرض جغرافیایی (۰,۵۳۳-) در سطح معناداری ۰,۰۱۳ است، که همبستگی متوسط معکوس را نشان می‌دهد و کمترین مقدار این ضریب مربوط به همان شاخص ارتفاع متوسط بلوک ۵۰ کیلومتری در جهت شرقی با میزان عددی ۰,۴۳۶- در سطح معناداری ۰,۰۴۸ می‌باشد، که همبستگی متوسط معکوس این شاخص با بارش فراگیر را نشان می‌دهد.

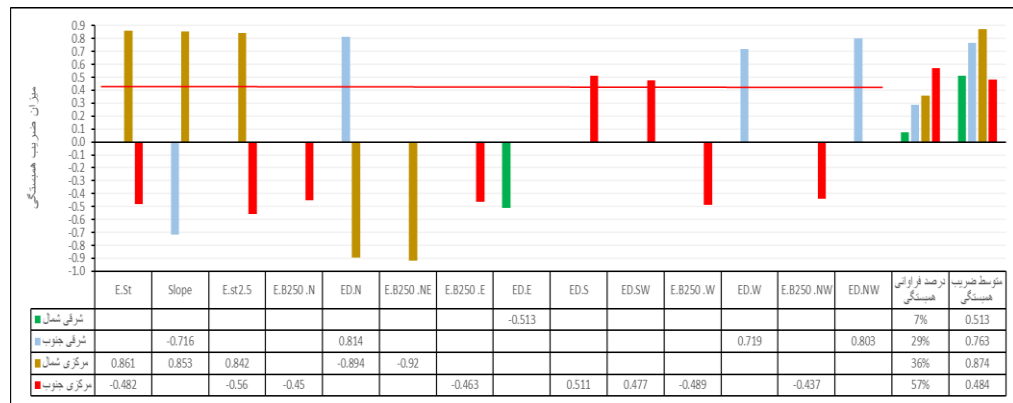
با یک نگاه کلی به سراسر منطقه مطالعاتی در فصل بهار ۱۰ شاخص رابطه همبستگی قوی و بسیار قوی معناداری با بارش فراگیر برقرار نموده اند. این روابط خطی عبارتند از رابطه همبستگی بسیار قوی و مستقیم شاخص‌های توپوگرافی (ED.S)(ED.SE)(ED.E)(ED.NE)(ED.N) و همچنین طول و عرض جغرافیایی با بارش فراگیر و همچنین همبستگی بسیار قوی و معکوس با شاخص‌های (E.B₂₅₀.S)(E.B₂₅₀.SW)(E.B₂₅₀.SE) در فصل پاییز قوی‌ترین شاخص مربوط به (ED.NE) در ناحیه البرز مرکزی شمالی است و به این معناست که در این منطقه هرچه مقدار ارتفاع متوسط در جهت شمال شرقی افزایش یابد، بارش فراگیر در این منطقه کاهش خواهد یافت و بالعکس. همچنین در فصل پاییز ۷ شاخص رابطه همبستگی بسیار قوی معناداری با بارش فراگیر برقرار نموده اند. این روابط خطی عبارتند از رابطه همبستگی بسیار قوی و مستقیم شاخص‌های توپوگرافی ارتفاع نقطه ایستگاه، شیب ایستگاه، متوسط ارتفاع ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتر و شاخص (ED.SW)(ED.W) با بارش فراگیر و همچنین همبستگی بسیار قوی و معکوس با شاخص‌های (ED.NE)(ED.E) در فصل زمستان قوی‌ترین شاخص مربوط به (E.B₂₅₀.SW) در ناحیه البرز غربی جنوبی است و به این معناست که در این منطقه هرچه مقدار ارتفاع متوسط در جهت جنوب غربی افزایش یابد، بارش فراگیر در این منطقه افزایش خواهد یافت و بالعکس. همچنین در فصل زمستان ۳ شاخص رابطه همبستگی قوی معناداری با بارش فراگیر برقرار نموده اند. این روابط خطی عبارتند از رابطه همبستگی قوی و مستقیم شاخص‌های توپوگرافی طول جغرافیایی با بارش فراگیر و شاخص‌های (E.B₂₅₀.SW)(E.B₂₅₀.NE).

نتیجه آخر که از تحلیل‌های وارده بر خروجی این مدل‌های همبستگی استخراج می‌گردد، اشاره به شاخص‌های توپوگرافی است که در سه روز نمونه بارش فراگیر بیشترین تکرار روابط خطی را در سراسر منطقه مطالعاتی داشته اند. این شاخص‌ها عبارتند از: طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع نقطه ایستگاه، شیب ایستگاه، متوسط ارتفاع ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتر و شاخص‌های (E.B₂₅₀.SW)(E.B₂₅₀.NE) و (ED.E)(ED.N). از بین ۲۴ شاخص توپوگرافی دو شاخص در هیچ روزی و در هیچ ناحیه‌ای از منطقه کوهستانی البرز وارد مدل همبستگی نشده اند و به عبارتی این دو شاخص هیچ گونه رابطه خطی معناداری ولو در حد ضعیف با بارش فراگیر منطقه برقرار ننموده اند که این شاخص‌ها عبارتند از: شاخص توپوگرافی جهت ایستگاه و فاصله از خط الرأس.

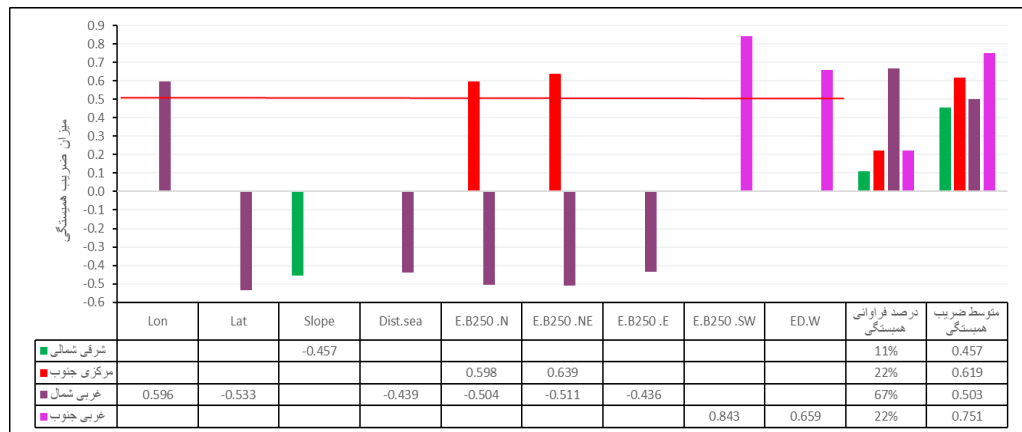
از سویی دیگر با توجه به ناحیه بندی منطقه کوهستانی البرز به شش ناحیه همگن تر، شاهد روابط خطی معنادار در هر ناحیه بوده‌ایم (به استثناء البرز غربی شمالی و جنوبی در فصل پاییز و البرز شرقی جنوبی و مرکزی شمالی در فصل زمستان). بیشترین رابطه خطی معنادار در هر ناحیه مربوط به البرز غربی شمالی در فصل بهار با ۱۰ رابطه خطی متوسط و اکثراً منفی یا معکوس و بعد از آن ناحیه البرز مرکزی جنوبی در فصل پاییز با ۸ رابطه خطی متوسط و اکثراً منفی یا معکوس و ناحیه البرز مرکزی شمالی در فصل بهار با ۶ رابطه خطی بسیار قوی (رابطه مثبت یا مستقیم با ۳ شاخص توپوگرافی و منفی یا معکوس با ۳ شاخص دیگر توپوگرافی) می‌باشد، ناحیه البرز غربی شمالی نیز در فصل زمستان دارای ۶ رابطه خطی متوسط و اکثراً منفی یا معکوس با بارش فراگیر می‌باشد. همچنین در این نواحی، بارش فراگیر ناحیه البرز غربی شمالی با داشتن ۱۶ رابطه خطی معنادار با شاخص‌های توپوگرافی، اولین ناحیه ای است که بیشترین روابط خطی همبستگی در آن برآورد گردیده است و پس از این ناحیه بارش نواحی البرز مرکزی شمالی و جنوبی با ۱۱ رابطه خطی و سپس بارش نواحی البرز شرقی شمالی و جنوبی با ۶ رابطه خطی قرار گرفته اند و در انتها بارش فراگیر ناحیه البرز غربی جنوبی با ۳ رابطه خطی معنادار کمترین همبستگی معنادار را با شاخص‌های توپوگرافی برقرار نموده است.



شکل ۲: نمودار مقادیر ضریب همبستگی بین بارش فراگیر فصل بهار (۲۰۱۹/۲۰۲۰) و شاخص‌های توپوگرافی منطقه کوهستانی البرز



شکل ۳: نمودار مقادیر ضریب همبستگی بین بارش فراگیر فصل پاییز (۲۰۱۱/۲۰۱۰) با شاخص‌های توپوگرافی منطقه کوهستانی البرز



شکل ۴: نمودار مقادیر ضریب همبستگی بین بارش فراگیر فصل زمستان (۲۶/۱/۲۰۱۰) با شاخص‌های توپوگرافی منطقه کوهستانی البرز

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که علاوه بر گستردگی منطقه مطالعاتی شاهد وجود رابطه خطی معنادار اکثریت شاخص‌های توپوگرافی مورد بررسی (۲۲ شاخص از ۲۴ شاخص) با احتمال اطمینان ۹۵ درصد و ضریب معناداری در سطح خطای کوچکتر از ۰,۰۵ با بارش فراگیر بوده‌ایم. بالاترین تعداد آماره معناداری از نظر مقیاس زمانی و مکانی بین بارش فراگیر با شاخص‌های توپوگرافی در سراسر منطقه مطالعاتی مربوط به بارش فراگیر فصل بهار با ۱۸ مورد می‌باشد که قوی‌ترین شاخص مربوط به اختلاف ارتفاع متوسط بلوک ۲۵۰ کیلومتری شرقی از ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتری در ناحیه البرز شرقی جنوبی است. پس از آن فصل پاییز با ۱۴ مورد بالاترین روابط همبستگی را داشته که قوی‌ترین شاخص مربوط به اختلاف ارتفاع متوسط بلوک ۲۵۰ کیلومتری شمال شرقی از ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتری در ناحیه البرز مرکزی شمالی است. در انتها فصل زمستان با ۹ مورد کمترین روابط خطی معنادار را با شاخص‌های توپوگرافی برقرار نموده است که قوی‌ترین شاخص مربوط به ارتفاع متوسط بلوک ۲۵۰ کیلومتری جنوب غربی در ناحیه البرز غربی جنوبی است. بنابراین قوی‌ترین روابط مربوط به ارتفاع متوسط بلوک ۲۵۰ کیلومتری از مرکز ایستگاه در جهات مختلف با توجه به فصول مختلف سال می‌باشد. همچنین بیشترین تکرار روابط خطی مدل‌های همبستگی را در منطقه مطالعاتی در روزهای بارش فراگیر مورد نظر شاخص‌های طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی، ارتفاع نقطه ایستگاه، شیب ایستگاه، متوسط ارتفاع ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتر، ارتفاع متوسط بلوک ۲۵۰ کیلومتری در جهات شرق و شمال شرقی و اختلاف ارتفاع متوسط بلوک ۲۵۰ کیلومتری شمالی و شرقی از ارتفاع متوسط ایستگاه در شعاع ۲,۵ کیلومتری دارند و از بین ۲۴ شاخص توپوگرافی دو شاخص توپوگرافی جهت ایستگاه و فاصله از خط الرأس در هیچ روزی و در هیچ ناحیه‌ای از منطقه کوهستانی البرز وارد مدل همبستگی نشده‌اند و به عبارتی این دو شاخص هیچ گونه رابطه خطی معناداری ولو در حد ضعیف با بارش فراگیر منطقه برقرار ننموده‌اند. از سویی نیز در ناحیه البرز غربی شمالی و مرکزی جنوبی متغیر وابسته بارش فراگیر بیشترین رابطه همبستگی معنادار را با متغیرهای مستقل مقادیر شاخص‌های توپوگرافی داشته و بارش فراگیر ناحیه البرز غربی جنوبی کمترین رابطه خطی معنادار را با مقادیر شاخص‌های توپوگرافی برقرار نموده است. به این معنا که توده‌هواهای مرطوب ورودی از قسمتهای شمالی کشور از جمله پرفشار سبیری (بابایی فینی، ۱۳۹۳) به علت ارتفاع پایین و نزدیکی به سطح زمین تحت تاثیر ناهمواری‌های سطح زمین قرار می‌گیرد و توده‌هواهای مرطوب ورودی از قسمتهای شمال غربی و غربی کشور از جمله پرفشارهای مهاجر غربی (قشقایی، ۱۳۷۵)، (مرادی، ۱۳۸۵) به علت ارتفاع بالاتر و قدرت بیشتر کمتر تحت تاثیر ناهمواریهای سطحی قرار گرفته و بارش منطقه تحت تاثیر این سیستم‌های جوی سطح بالاست.

بنابراین یافته‌های این پژوهش همسو و تاییدی بر نتایج مطالعات پیشین بوده است. از جمله: رابطه معنادار بارش در بیشتر مناطق با ارتفاع (علیجانی ۱۳۷۴)، رضایی بنفشه و رجایی اصل (۱۳۸۱)، ساری صراف و رجایی (۱۳۸۸)، رابطه خطی معنی دار بارش با شاخص توپوگرافی فاصله از دریا یا منبع رطوبتی (علیجانی 2008)، جهت گیری منطقه مطالعاتی با رابطه خطی قوی (عزیزی و همکاران ۱۳۸۹)، عرض و طول جغرافیایی (فتاحی و همکاران ۱۳۹۵) که این یافته نیز همسو با نتایج کار می‌باشد و با استناد به این منابع و دست یافته‌های پژوهش حاضر بیشترین شاخص‌های موثر بر بارش منطقه شناسایی گردیده و در کارهای تحقیقاتی آینده در زمینه برآورد و پیش‌بینی بارش می‌توان از آنها استفاده نمود.

۱. احمدی، محمود؛ فرزانه جعفری همبری (۱۳۹۴). «تحلیل سینوپتیک بارش سنگین ۱۲ آوریل ۲۰۱۵ شهرستان قزوین». جغرافیا (فصلنامه علمی - پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)، دوره جدید، سال سیزدهم، شماره ۴۴.
۲. بابایی فینی، ام‌السلمه؛ ابراهیم فتاحی (۱۳۹۳). «طبقه‌بندی الگوهای سینوپتیکی بارش‌ها در سواحل دریای خزر». پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. سال ۴۰. شماره ۱ صص ۱۹-۴۲.
۳. جعفرپور، ابراهیم (۱۳۶۷). اقلیم شناسی. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.
۴. حلبیان امیرحسین (۱۳۹۵). «تحلیل هم‌دید بارش‌های حدی و فراگیر در کرانه‌های غربی خزر با تاکید بر الگوهای فشار تراز دریا». جغرافیا (فصلنامه علمی - پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)، سال ۴، شماره ۵۱ صص ۱۹۳-۲۱۸.
۵. خسروی، یونس؛ مهدی دوستکامیان و الله مراد طاهریان (۱۳۹۶). «بررسی و تحلیل الگوی فرارفت رطوبتی بارش‌های فراگیر ایران». جغرافیا (فصلنامه علمی - پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران)، دوره جدید، سال پانزدهم، شماره ۵۳.
۶. رضایی بنفشه، مجید؛ عبدالحمید رجایی اصل (۱۳۸۱). «مدل‌بندی بارش حوضه آبریز قره سو». جغرافیا و برنامه ریزی، دوره ۶، شماره ۴، دانشگاه تبریز.
۷. ساری صراف، بهروز؛ عبدالحمید رجایی و پریچهر مصری علمداری (۱۳۸۸). «بررسی رابطه بین بارش و توپوگرافی در دامنه‌های شرقی و غربی منطقه کوهستانی تالش». جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، پاییز ۱۳۸۸، سال ۲۰، شماره پیاپی ۳۵، شماره ۳.
۸. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴). «نقش کوه‌های البرز در توزیع ارتفاعی بارش». فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، دانشگاه تربیت معلم تهران، دوره ۳۸، شماره ۳۳۲، صص ۳۷-۵۲.
۹. عساکره، حسین (۱۳۸۴). «مدل سازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی مطالعه موردی: بارش سالانه استان اصفهان». فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۴، ۲۱-۱.
۱۰. عساکره، حسین؛ رباب رزمی (۱۳۹۰). «اقلیم شناسی بارش شمال غرب ایران». جغرافیا و توسعه، شماره ۲۵، زمستان ۱۳۹۰، صص ۱۵۸-۱۳۷.
۱۱. عساکره، حسین؛ رباب رزمی (۱۳۹۰). «اقلیم شناسی بارش شمال غرب ایران». جغرافیا و توسعه، شماره ۲۵، زمستان ۱۳۹۰، صص ۱۵۸-۱۳۷.
۱۲. عزیزی، قاسم؛ رحیم علی عباسپور و طاهر صفرزاد (۱۳۸۹). «مدل تغییرات مکانی بارش در زاگرس میانی». پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، تابستان ۱۳۸۹، شماره ۷۲، صص ۳۵-۵۱.
۱۳. غیور، حسنعلی؛ سیدابوالفضل مسعودیان (۱۳۷۵). «بررسی مکانی رابطه ی بارش با ارتفاع در ایران زمین». تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۱.

۱۴. فتاحی، روح الله؛ زینب احمدی مقدم و فروغ عباسی (۱۳۹۵). «رابطه خطی بین متغیرهای توپوگرافی منطقه با میزان بارش دراز مدت سالیانه (مطالعه موردی حوضه بهشت آباد)». اولین کنفرانس بین المللی آب، محیط زیست و توسعه پایدار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی، دانشگاه محقق اردبیلی، صص ۷-۱.
۱۵. فیض نوروزی، زهرا (۱۳۵۲). بررسی تغییرات بارندگی با ارتفاع در منطقه زاگرس. پایان نامه کارشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
۱۶. قشقایی، قاسم (۱۳۷۵). بررسی اثر فرابار سیبری بر بارش‌های پاییزی سواحل جنوبی خزر، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران.
۱۷. مجرد، فیروز؛ حاجیمراد مرادی فر (۱۳۸۲). «مدلسازی رابطه بارش با ارتفاع در منطقه زاگرس». مدرس علوم انسانی، دوره ۷، شماره ۲، صص ۱۶۳-۱۸۲.
۱۸. مرادی، حمید رضا (۱۳۸۵). «پیش بینی سیلابها بر اساس موقعیت های سینوپتیکی در ساحل جنوبی دریای خزر». پژوهش‌های جغرافیایی _ شماره ۵۵، صص ۱۳۱-۱۰۹.
۱۹. هادیانی، میر امید؛ سعید جهانبخش، مجید رضایی بنفشه، یعقوب دین پژوه (۱۳۹۰). «نقش شرایط توپوگرافی در برآورد گرادیان بارندگی طبقات ارتفاعی مناطق کوهستانی (مطالعه موردی دامنه شمالی البرز مرکزی)». فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی، سال ششم، شماره ۲، تابستان ۹۰، صص ۲۵-۱۵.
- 20 - Aifeng, Lv.; L. Zhou. 2016. A Rainfall Model Based on aGeographically Weighted Regression Algorithm for Rainfall Estimations over the Arid Qaidam Basin in China. *Remote Sens*, 8(311): 1-17.
- 21 - Alijani, B .2008. Effect of the Zagros Mountains on the Spatial Distribution of Precipitation. *Journal of Mountain Science*, Vol 5, No 3.
- 22 - Bleasdale, A; and Y.K. Chan. 1972. Orographic influences on the distribution of precipitation in *Proceedings Distribution of Precipitation in Mountainous Areas*. World Meteorological Organisation, Geneva, 31 July–5 August, Geilo, Norway, 326(II):140-146.
- 23 - Burns, J. 1953. Small-scale topographic effects on precipitation distribution in San Dimas experimental forest. *Trans. Amer. Geophys, Union* 34:761-768.
- 24 - Chaun, G.K; and J.G. Lockwood.1974. An Assessment of Topographical Controls on The Distribution of Rainfall in the central Pennines. *Meteorological Magazine* .103:275-287.
- 25 - Dhar, O. N; and P. R. Rakhecha.1980. The effect of elevation on monsoon rainfall distribution in the Central Himalayas *Monsoon Dynamics*. J. Lighthill, and R. P. Pearce, Eds., Cambridge University Press: 253-260.
- 26 - Diodato, N .2005. The Influence of Topographic Co-variables on the Spatial variability of Precipitation over Small Regions of Complex Terrain. *International Journal of Climatology*, 25:351-363.
- 27 - Donley, D. E; and R. L. Mitchell.1939. The relation of rainfall to elevation in the Southern Appalachian region. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 20: 711-721.
- 28 - Govaerts,P.2000. Geostatistical Approaches for Incorporating Elevation into the Spatial Interpolation of Rainfall. *Journal of Hydrology*,228:113-129.
- 29 - Griffiths, G.A, and, M.J. McSaveney.1983. Distribution of mean annual precipitation across some steepland regions of New Zealand.*N. Z. J. Sci.*, 26: 197–209.

- 30 - Houghton, J.G. 1979. A Model for Orographic Precipitation in the North-Central Great Basin. *Mon. Wea. Rev.*, 107.
- 31 - Hutchinson, P. 1973. The interaction of relief and synoptic situation on the distribution of storm rainfall in the vicinity of Dunedin. *New Zealand Geogr.*, 29: 31-44.
- 32 - Konrad, C.E. 1996. Relationships between Precipitation Event Types and Topography in the Southern Blue Ridge Mountains of the Southeastern USA. *International Journal of Climatology*, 16:49-62.
- 33 - Marquinez, Jorge; Javier Lastra, and Pilar Garcí'a .2003. Estimation models for precipitation in mountainous regions: the use of GIS and multivariate analysis. *Journal of Hydrology*, 270 :1-11.
- 34 - Napoli, A; A.Crespi, F. Ragone, M. Maugeri, and C.Pasquero.2019. Variability of orographic enhancement of precipitation in the Alpine region. *Scientific Reports*, 9(1). DOI 10.1038/s41598-019-49974-5
- 35 - Prudhomme, C., and Duncan, W.R., 1999, Mapping Extreme Rainfall in a Mountainous Region using Geostatistical Techniques A Case Study in Scotland, *International journal of climatology*, 19, 1337-1356.
- 36 - Rumley, G. B. 1965. An investigation of the distribution of rainfall with elevation for selected stations in Ecuador. M.S. thesis, Texas A&M University, 66 pp.
- 37 - Singh, P; and N. Kumar . 1997. Effect of orography on precipitation in the western Himalayan region. *Journal of Hydrology*, 199(1-2): 183-206.
- 38 - Stidd, C. K, and L. B. Leopold, 1951. The geographical distribution of average monthly rainfall. *Hawaii. Meteor. Monogr.*, 1: 24- 33.
- 39 - Stor, D. H; L.Ferguson.1972. The Distribution of Precipitation in Some Mountainous Canadian Watersheds : *Proc.WMO Symp. On Distribution of Precipitation in Mountainous Areas.* vol.11, Geilo, Norway.
- 40 - Spreen, W. C. 1947. A determination of the effect of topography upon precipitation. *Trans. Amer. Geophys. Union*, 28: 285-290.
- 41 - Taylor, W.G, 1996, Statistical Relationships between Topography and precipitation in Mountainous Area, *Northwest Science*, Vol. 70, No. 2, 164-178.
- 42 - Weston, K.J; G. Roy.1994. The Directional-dependence of the Enhancement of Rainfall over Complex Topography. *Meteorological Applications* 1:267-275.