نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال سیزدهم، شماره ۳۱، زمستان ۹۲

مدل بندی رابطه بارش های سالانه و فصلی با عوامل زمین اقلیم در کردستان

دریافت مقاله:۹۱/۵/۱ پذیرش نهایی: ۹۱/۱۲/۲۰
صفحات:۱۱۲-۹۳

پیمان محمودی: استادیار اقلیم شناسی دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی- دانشگاه سیستان و بلوچستان[۱]
Email:Paymanasia@yahoo.com
بهلول علیجانی: استاد اقلیم شناسی دانشکده علوم جغرافیایی و مدیر قطب علمی تحلیل مخاطرات طبیعی دانشگاه خوارزمی
Email: bralijani@yahoo.com

چکیده

برای مدل بندی رابطه بین سه عامل زمین-اقلیمِ ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی با بارش های سالانه و فصلی استان کردستان از داده های ماهانه ۸۳ ایستگاه سینوپتیک، اقلیم شناسی و بارانسنجی برای یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۸۷ - ۱۳۵۸) بهره گرفته شد. نقص آماری ایستگاه ها نسبت به ۳۰ سال بر اساس مدل رگرسیونی با هماهنگ ترین ایستگاه ها تکمیل شد. مدل انتخابی برای ایجاد این رابطه، مدل رگرسیونی چند متغیره با استفاده از روش ورود گام به گام متغیرها به مدل بود. صحت دقت مدل ها نیز با آزمودن چهار فرضیه خطی بودن رابطه، ناهمبسته بودن خطاهای مدل، نرمال بودن باقیمانده ها و ثابت بودن واریانس باقیمانده ها سنجیده شد. نتایج حاصل از اجرای این مدل بر روی بارش های فصلی و سالانه نشان از ترکیب های متفاوت هرکدام از این سه متغیر بر روی توزیع مکانی بارش های فصلی و سالانه بود. به طوریکه ترکیب دو متغیر طول جغرافیائی و عرض جغرافیائی، به ترتیب ۶۹، ۶۶ و ۴۶ درصد تغییرات مکانی بارش های فصل پاییز، بارش های سالانه و بارش های فصل بهار را توجیه می کنند. ترکیب دو متغیر عرض جغرافیایی و ارتفاع حدود ۶۳ درصد تغییرات مکانی بارش فصل تابستان و ترکیب سه متغیر طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع ۴۷ درصد تغییرات مکانی بارش را در فصل زمستان تبیین می کنند.

کلیدواژگان: زمین-اقلیم، بارش، رگرسیون چند متغیره، استان کردستان

---

[۱]. **نویسنده مسئول:** سیستان و بلوچستان- زاهدان-دانشگاه سیستان و بلوچستان- دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی- گروه جغرافیای طبیعی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

مقدمه

بارش اولین بردار در کلیه مطالعات و محاسبات مربوط به منابع آب و بهره برداری از آن است (رضائی بنفشه و رجائی اصل، ۱۳۸۱). از خصوصیات این عنصر اقلیمی می توان به اثر شایان توجه آن بر وضعیت آبشناختی حوضه های رودخانه ای، مدیریت ذخیره، توزیع و مصرف آب اشاره نمود. در واقع بایستی اذعان نمود که مدیریت و برنامه ریزی منابع آب از یکسو وابسته به زمین و از سوی دیگر چشم به آسمان دارد (عساکره ۱۳۸۴). بنابراین برآورد مقدار بارش، در کشورهای در حال توسعه، به دلیل کاربردهای فراوانی که در برنامه ریزی های کشاورزی، صنعت و خدمات دارد بسیار حائز اهمیت است. این مسئله به خصوص در کشور ما که فاقد شبکه منظم و متراکم ثبت بارش به ویژه در مناطق مرتفع است اهمیت بیشتری پیدا می کند (مجرد و مرادی فر ۱۳۸۲).

تغییر بارش با توجه به ارتفاع، تابع عوامل متعددی است که مجموع برآیند آنها در هر محل به نتایج متفاوتی ختم می شود. جعفرپور (۱۳۸۱) معتقد است که با افزایش ارتفاع، به دلیل کاهش دما و رسیدن آن به نقطه شبنم، میزان بارش افزایش می یابد. مهدوی (۱۳۷۱) ارتفاع بهینه یعنی ارتفاعی که بعد از آن بارش رو به کاهش می گذارد را در کوه های آلپ ۲۵۰۰ متر، باری و چورلی[1] (۱۹۸۲) آن را در نواحی برون حاره مساوی با ۵۰۰۰ تا ۵۵۰۰ متر و کاویانی و علیجانی (۱۳۸۰) حداکثر بارش را در مناطق حاره حدود ۲۰۰۰ متر و در مناطق برون حاره تا قله کوه می دانند.

تاکنون پژوهشگران بسیاری کوشیده اند تا بر پایه مدل بارش – ارتفاع توزیع مکانی بارش در حوضه های مختلف را توضیح دهند. این تحقیقات از لحاظ تعداد سال های آماری، تعداد ایستگاه های مورد بررسی، پراکندگی جغرافیائی ایستگاه ها و دقت آماری محاسبات بسیار متفاوت بوده اند. به طوریکه سینگ و کومار[2] (۱۹۹۷) با مطالعه رابطه بارش با ارتفاع در هیمالیای غربی شاهد افزایش بارش به ازای افزایش ارتفاع در دامنه های رو به باد این ارتفاعات بوده اند. همچنین کنراد[3] (۱۹۹۶) در منطقه کوهستانی بلوریج ایالات متحده و استور و فرگوسن۴ (۱۹۷۲) در غرب کانادا نیز نشان داده اند که به ازای افزایش ارتفاع، افزایش بارش داشته اند. در ارتفاعات پنین انگلستان نیز کنراد (به نقل از غیور و مسعودیان ۱۳۷۵) گزارشی

[1] - Barry and Chorly
[2] - Singh and Kumar
[3] - Konrad
[4] - Storr and Ferguson

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

دال بر رابطه بسیار قوی بین افزایش بارش به ازای افزایش ارتفاع در جنوب بلندی های این رشته کوه ارائه داده است. لیناکره[1] (۱۹۹۲) نیز هشتاد و هشت درصد تغییرات مکانی بارش های غرب کلرادو را از لحاظ آماری مربوط به شکل زمین می داند. تحقیقات باسیست[2] و همکاران (۱۹۹۴) در مناطق بین المدارین، جانسن و چن[3] (۲۰۰۳) در سوئد و پرودهوم و رید[4] (۱۹۹۸) در اسکاتلند نیز افزایش بارش با ارتفاع را تایید می کنند. در ایران نیز گزارشات مختلفی هم دال بر وجود رابطه مستقیم (خلیلی ۱۳۷۰، علیزاده ۱۳۸۰، وزیری ۱۳۷۶، رضائی و همکاران ۱۳۸۴، علیجانی، ۲۰۰۸) و هم دال بر رابطه معکوس (علیجانی ۱۳۷۴) بین میزان بارش و ارتفاع گزارش شده است.

در زمینه عوامل مؤثر در برآورد بارش و مدل بندی آنها، محققان از عوامل زمین-اقلیم متفاوتی استفاده کرده اند. به طوریکه هاتون[5] (۱۹۷۹) ، ارتفاع ایستگاه، آزیموت مسیر بادهای باران آور و جهت گیری دامنه ها، استور و فرگوسن (۱۹۷۲)، ارتفاع، زاویه شیب دامنه، فاصله از قله کوه و جهت ناهمواری و ویت مور[6] (۱۹۷۲) طول و عرض جغرافیایی را در دریافت بارش مؤثر می دانند. غیور و مسعودیان (۱۳۷۵) نیز نتیجه گرفته اند که اگر سراسر ایران را به عنوان یک واحد کل در نظر بگیریم رابطه ضعیفی بین بارش و ارتفاع وجود خواهد داشت ($r = 0.061$)، لذا این محققین پیشنهاد داده اند که برای توضیح تغییرات مکانی بارش در گستره ائی به وسعت ایران بهتر است به جای ارتفاع نقاط از طول و عرض جغرافیائی آنها کمک بگیریم. رضائی بنفشه و رجائی اصل (۱۳۸۱) نیز برای برآورد و تخمین مقادیر بارش در حوضه آبریز قره سو از یک مدل رگرسیونی پنج متغیره شامل ارتفاع، طول جغرافیائی، عرض جغرافیائی، فاصله از کوه و فاصله از دریا بهره بردند. در مدل ارائه شده توسط این محققین مشاهده شد که سه عامل طول جغرافیائی، عرض جغرافیائی و ارتفاع از سطح دریا بیشترین سهم را در پیش بینی بارش توسط مدل در منطقه مورد مطالعه دارند. همچنین ساری صراف و همکاران (۱۳۸۸) با استخراج ۳۸ متغیر توپوگرافی –جغرافیائی به بررسی رابطه بین بارش و توپوگرافی در دامنه های شرقی و غربی منطقه کوهستانی تالش پرداختند و نتیجه گرفتند متغیر ارتفاع در دامنه های غربی رابطه مثبت و در دامنه های شرقی رابطه منفی با بارش ها

[1] - Linacre
[2] -Basist
[3] - Johansson and Chen
[4] - Prudhomme and Reed
[5] - Houghton
[6] -Withmore

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

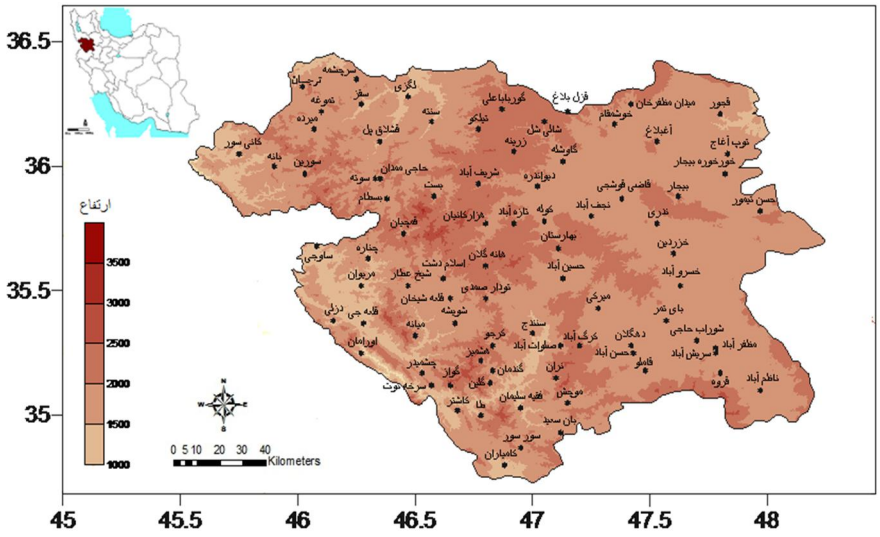
دارند. در مطالعه دیگری که رابطه بارش و ارتفاع را در منطقه زاگرس مد نظر قرار داده بود ازبین مدل های چند متغیره، مدل چند متغیره خطی راکه شامل طول جغرافیائی، عرض جغرافیائی و ارتفاع می شد را در حالتی که منطقه به نواحی رو به باد و پشت به باد تقسیم می شود مناسب تشخیص داده اند (مجرد و مرادی فر ۱۳۸۲).

با بررسی تحقیقات انجام شده در خصوص مدلسازی بارش و عوامل زمین-اقلیم، که به برخی از آنها نیز در بالا اشاره شد، مشخص گردید که از بین عوامل مختلف زمین- اقلیم، سه عامل ارتفاع، طول جغرافیائی و عرض جغرافیائی، جزء عواملی هستند که بیشترین نقش را **در** توزیع زمانی و مکانی بارش دارند. لذا مدل بندی و تخمین مقادیر بارش نقطه ایی در سطح استان کردستان با تکیه بر این سه عامل در مقاطع زمانی سالانه و فصلی هدف اصلی این تحقیق قرار گرفت.

مواد و روش تحقیق

برای مدل بندی رابطه عوامل زمین - اقلیم با بارش های سالانه و فصلی استان کردستان و دستیابی به یک الگوی مناسب در این زمینه، داده های بارش ماهانه ۹۵ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک، اقیم شناسی و بارانسنجی استان کردستان از مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی این استان اخذ گردید. با بررسی داده ها مشخص گردید که می توان از میان ۹۵ ایستگاه موجود جمعاً ۸۳ ایستگاه را که طول دروه آماری آنها بیش از ۱۵ سال است انتخاب نمود. سپس با بکار بستن بالاترین ضریب همبستگی معنی دار ($r = 0.8$) در سطح $\alpha = 0.05$ که عموماً مربوط به نزدیک ترین ایستگاه ها نسبت به یکدیگر می شد، با استفاده از مدل رگرسیونی یک متغیره به تطویل و باز سازی داده ها تا ۳۰ سال (۱۳۸۷-۱۳۵۸) پرداخته شد. در این برآوردها سعی بر آن بوده است تا از ایستگاه های با دوره آماری کامل به عنوان مبنا استفاده گردد. همگن بودن داده ها نیز با استفاده از آزمون ران تست مورد بررسی قرار گرفت و از همگن بودن داده ها در طول دوره آماری اطمینان حاصل شد. مشخصات ایستگاه ها و پراکنش مکانی آنها در شکل ۱ آورده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]



شکل (۱) پراکنش ایستگاه های مورد مطالعه در سطح استان کردستان

بعد از فراهم نمودن داده های بلندمدت بارش در مقیاس های زمانی سالانه و فصلی، از مدل های رگرسیونی چند متغیره برای مدل بندی رابطه عوامل زمین اقلیم با بارش های فصلی و سالانه استفاده شد. در این مدل های آماری فرض بر این است که رابطه بین متغیرهای مستقل (ارتفاع، طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی) و متغیرهای وابسته (میزان بارش سالانه و فصلی) به صورت زیر است:

$$y = b_0 + b_1(x_1) + b_2(x_2) + ... + b_p(x_p) \qquad (۱)$$

که در این معادله پارامترهای $b_1, b_2, ..., b_p$، ضرایب رگرسیون جزیی و b_0 مقدار عرض از مبداء است که مقدار ثابت رگرسیون نیز نامیده می شود.

بعد از آشنائی با معادله رگرسیونی چند متغیره، اولین گام جهت مدل بندی، انتخاب روش ورود متغیرها به مدل رگرسیونی است. در این زمینه چهار روش مختلف وجود دارند که عبارتند از (فتوحی اردکانی، ۱۳۸۰):

روش همزمان[1] متغیرها: در این روش کلیه متغیرهای جمع آوری شده، بدون هیچگونه تقدم و تأخری به طور همزمان وارد مدل شده و مدل محاسبه می گردد.

[1] . enter method

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

روش گام به گام۱ ورود متغیرها: در این روش متغیرهای پیش گویی کننده، تک به تک به معادله وارد می شود و به دنبال آن اگر نقش معناداری در رگرسیون نداشته باشند، از آن حذف می شود.

روش حذف تدریجی۲ متغیرها: برای اجرای این روش ابتدا تمامی متغیرهای پیش گویی کننده به معادله وارد می شوند و سپس در صورتی که معیار لازم برای باقی ماندن در مدل را نداشته باشد، تک به تک حذف می شوند.

روش ورود تدریجی۳ متغیرها: در این روش متغیرهای پیش گویی کننده، در صورتی که معیار ورود را داشته باشند، تک به تک وارد معادله می شوند و بعد از ورود حذف **نمی شوند.**

در این مرحله روش گام به گام به دلیل اینکه تر کیبی از دو روش حذف تدریجی و ورود تدریجی است برای ورود متغیرهای مستقل به معادله انتخاب گردید. جزئیات بیشتر در خصوص این روش در کتاب هومن (۱۳۸۰) وجود دارد. گام دوم بررسی اندازه گیری دقت مدل انتخاب شده است. برای اندازه گیری این دقت بایستی چهار فرضیه بنیادی در مدل های رگرسیونی مورد بحث و بررسی قرار گیرند:

فرضیه وجود رابطه خطی بین X و Y: این فرضیه با استفاده از آماره F آزمون می شود. مقدار F بر اساس معادله زیر بدست می آید :

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \times \frac{n-P-1}{P} \qquad (۲)$$

که در آن P تعداد متغیرهای پیش بین و n تعداد موارد موجود خواهد بود . چنانچه مقدار F محاسباتی از مقدار F جدول فیشر بزرگتر باشد ، می رساند که رابطه بین Y و ترکیب خطی متغیرهای X1 و X2 و .... و Xp احتمالاً نمی تواند ناشی از تصادف باشد .

فرضیه نرمال بودن خطاها: که مهمترین فرضیه بنیادی در رگرسیون می باشد و از طریق نمودار P.P plot آزمون می شود. محور x این نمودار، تفاضل بین مقادیر مشاهده شده (y_i) با مقادیر پیش بینی شده ($\hat{y}_i$) است و مقادیر $\Phi^{-1} \frac{(j - 1/2)}{n}$ که از روی جدول توزیع نرمال محاسبه می شود برای محور y بدست می آید. حال اگر نقاط حول و حوش یک خط راست قرار گیرند حاکی از نرمال بودن e_i است.

[1].Stepwise method
[2] . Backward method
[3] .Forward method

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

فرضیه ثابت بودن واریانس خطاها (e_i): این فرضیه از طریق رسم نمودار $(e_i, \hat{y}_i)$ یعنی نمودار باقیمانده ها علیه مقادیر پیش بینی شده متغیر وابسته آزمون می شود. اگر نقاط بدست آمده دارای روند خاصی نباشند و به طور کاملاً تصادفی در محور مختصات پخش شده باشند حاکی از ثابت بودن واریانس خواهد بود.

فرضیه ناهمبسته بودن خطاها (e_i): جهت اطمینان بیشتر از اینکه تا چه حد می توان در تخمین مقادیر بارش برحسب مدل رگرسیون چند متغیری، تبیین مناسبی ارائه نمود، از آزمون دوربین – واتسون برای سنجش میزان خود همبستگی خطاها استفاده شد. شاخص دوربین – واتسون (D) بین صفر الی ۴ قرار می گیرد. اگر D بین ۱/۵ تا ۲/۵ قرار گیرد نشانه عدم خود همبستگی خطاها خواهد بود.

تمام مراحل ورود، پردازش اطلاعات و مدلسازی های آماری با استفاده از نرم افزار SPSS 16 انجام شده است.

تجزیه و تحلیل

جهت مدل بندی رابطه بین بارش های سالانه و فصلی و عوامل سه گانه زمین – اقلیم، از روش گام به گام در وارد کردن متغیرهای مستقل به مدل رگرسیونی استفاده شد. بنابراین در ذیل براساس این روش و به تفکیک فصل و سال به تشریح مدل ها پرداخته می شود.

مدل بارش سالانه

میانگین حسابی بارش سالانه استان کردستان حدود ۵۰۴/۵ میلیمتر است. با وارد کردن گام به گام سه متغیر ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی به مدل رگرسیونی مشاهده گردید که بهترین مدل ارائه شده برای تخمین بارش های سالانه این استان مدلی با دو متغیر طول و عرض جغرافیایی است. میزان ضریب همبستگی این مدل رگرسیونی دو متغیره با مقدار بارش سالانه ۰/۸۱۶ و ضریب تعیین آن ۰/۶۶۵ است یعنی حدود ۶۶ درصد تغییرات مکانی بارش در استان کردستان توسط این دو متغیر می تواند تبیین شود (جدول ۷).

خطی بودن رابطه بین متغیرهای مستقل با متغیر وابسته نیز با استفاده از آماره F آزمون شد و مشخص گردید که F محاسباتی (۱۸/۶۲۷) بزرگتر از F جدول (۳/۹۷) بوده و در نتیجه فرضیه خطی بودن رابطه بین متغیرهای مستقل با متغیر وابسته در این مدل تایید می شود. ناهمبسته بودن خطاها نیز توسط شاخص دوربین- واتسون مورد آزمون قرار گرفت. مقدار این شاخص برای مدل بارش سالانه ۲/۱۴۹ است و چون در حد فاصل بین ۱/۵ نا ۲/۵ قرار می

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

گیرد، پس ناهمبسته بودن خطاها نیز تایید می گردد (جدول ۶). نرمال بودن خطاها هم با استفاده از نمودار P-P Plot (شکل ۲) آزمون شد. در این نمودار چون مختصات نقاط مشاهده شده در حول و حوش خط نرمال قرار گرفته اند پس می توان گفت که مانده ها از توزیع نرمال پیروی می کنند.

اما ثابت بودن واریانس خطاها توسط نموداری که محور افقی آن مقادیر استاندارد شده پیش بینی و محور عمودی آن مقادیر استاندارد شده یاقیمانده هاست آزمون می شود. بر اساس شکل ۳ مشاهده می شود که روند خاصی در این نمودار مشاهده نمی شود پس ثابت بودن واریانس خطاها نیز تایید می شود.

پس با توجه به نتایج آزمون فرضیات می توان مدل رگرسیونی دو متغیره بارش های سالانه با عوامل زمین اقلیم را براساس جدول ضرایب مدل (۱) به شرح ذیل ارایه داد:

$$Annual\ Rain = 18743.6 + (-283.7 \times Longitude) + (-138.2 \times Latitude)$$

جدول (۱) آماره های مربوط به ضرایب مدل رگرسیونی چند متغیره برای تبیین بارش های سالانه استان کردستان

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t	سطح معناداری
	B	انحراف معیار	بتا		
(مستقل)	۱۸۷۴۳/۶۶۹	۱۷۴۷/۲۳۵		۱۰/۷۲۸	۰/۰۰۰
طول جغرافیایی	-۲۸۳/۷۵۳	۲۳/۷۱۲	-۰/۸۲۲	-۱۱/۹۶۷	۰/۰۰۰
عرض جغرافیایی	-۱۳۸/۲۰۸	۳۲/۰۲۳	-۰/۲۹۶	-۴/۳۱۶	۰/۰۰۰

شکل۳ نیز توزیع میانگین بارش ۳۰ ساله استان کردستان را نشان می دهد. بر اساس این نقشه مشاهده می شود که هسته های پربارش در غرب و هسته های کم بارش در شرق استان جای گرفته اند و هرچه از جانب غرب به سمت استان کردستان حرکت می کنیم از مقدار بارش کاسته می شود. بنابراین بارش سالانه می تواند تابعی از طول جغرافیایی که موثرترین متغیر مستقل در مدل بود باشد.

مدل بارش فصل بهار

میانگین حسابی بارش فصل بهار در استان کردستان تقریباً ۱۵۰/۳ میلیمتر است. ورود گام به گام متغیرهای مورد مطالعه به مدل رگرسیونی چند متغیره نشان می دهد که دو متغیر طول

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

و عرض جغرافیایی به ترتیب دارای بیشترین اهمیت در تبیین بارش های این فصل هستند. به طوریکه ضریب همبستگی و ضریب تبیین این مدل به ترتیب ۰/۶۷۷ و ۰/۴۵۹هستند. بنابراین ۰/۴۶ درصد تغییرات بارش فصل بهار با این مدل تبیین می شود.

جهت آزمون فرضیات مدل نیز ابتدا رابطه خطی بین متغیرهای مستقل با متغیر وابسته با استفاده از آماره F آزمون شد و مشخص گردید که F محاسباتی (۵/۴۹۸) بزرگتر از F جدول (۳/۹۷) بوده و در نتیجه فرضیه خطی بودن رابطه بین متغیرهای مستقل با متغیر وابسته در این مدل تایید می شود. شاخص دوربین- واتسون (۲/۰۹۷) نیز ناهمبسته بودن خطاها را تایید می کند (جدول ۷). نرمال بودن خطاها نیز با استفاده از نمودار P-P Plot (شکل ۲) آزمون شد. در این نمودار چون مختصات نقاط مشاهده شده در حول و حوش خط نرمال قرار گرفته اند پس می توان گفت که مانده ها از توزیع نرمال پیروی می کنند.

ثابت بودن واریانس ها خطاها نیز توسط نموداری که محور افقی آن مقادیر استاندارد شده پیش بینی و محور عمودی آن مقادیر استاندارد شده یاقیمانده هاست آزمون شد. بر اساس شکل ۳ مشاهده می شود که روند خاصی در این نمودار مشاهده نمی شود پس ثابت بودن واریانس خطاها نیز تایید می شود.

پس از تایید تمامی فرضیات مطرح شده می توان مدل رگرسیونی چند متغیره بین بارش فصل بهار و عوامل زمین اقلیم تاثیرگذار بر آن را به صورت زیر ارایه داد:

$$Spring\ \ Rain\ = 3400.7 + (-53.1 \times Longitude\ ) + (-21.3 \times Latitude\ )$$

آماره های مربوط به ضرایب این مدل در جدول شماره ۲ آمده است.

جدول (۲) آماره های مربوط به ضرایب مدل رگرسیونی چند متغیره برای تبیین بارش های بهاره استان کردستان

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t	سطح معناداری
	B	انحراف معیار	بتا		
(مستقل)	۳۴۰۰/۷۹۵	۴۹۶/۰۴۰		۶/۸۵۶	۰/۰۰۰
طول جغرافیایی	-۵۳/۰۸۶	۶/۷۳۲	-۰/۶۸۸	-۷/۸۸۶	۰/۰۰۰
عرض جغرافیایی	-۲۱/۳۱۷	۹/۰۹۱	-۰/۲۰۵	-۲/۳۴۵	۰/۰۲۲

توزیع میانگین بارش ۳۰ ساله فصل بهار که دومین فصل پربارش در استان کردستان به شمار می آید در شکل ۴ آورده شده است. بر اساس این نقشه کاهش بارش از غرب به شرق کاملاً

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

مشهود است لذا عامل طول جغرافیایی نقش بسیار مهمی در توزیع بارش این فصل در استان کردستان دارد.

مدل بارش فصل تابستان

فصل تابستان خشک ترین فصل استان کردستان با میانگین حسابی ۵/۹ میلیمتر است. از میان ۳ متغیر مستقل مورد مطالعه، دو متغیر عرض جغرافیایی و ارتفاع با ضریب همبستگی ۰/۷۹۵ و ضریب تبیین ۰/۶۳۱ به ترتیب اثرگذارترین متغیرها بر روی توزیع مکانی بارش در این فصل از سال در استان کردستان به شمار می آیند.

آزمون فرضیات چهارگانه مدل نشان می دهد که آماره F محاسباتی (۳۷/۲۸۷) بسیار بیشتر ار آماره F جدول (۳/۹۷) است لذا خطی بودن این رابطه مورد تایید قرار می گیرد. شاخص دوربین-واتسون هم با مقدار ۲/۰۹۴ ناهمبسته بودن خطاهای این مدل را تایید می کند (جدول ۷). شکل ۲ نیز نرمال بودن خطاها را با توجه به قرارگیری نقاط حول خط نرمال تایید می کند.

نمودار پراکنش باقیمانده های مدل فصل تابستان (شکل ۳) روند خاصی را نشان نمی دهد لذا آخرین فرضیه یعنی ثابت بودن واریانس خطاها هم تایید می گردد.

اکنون با توجه به نتایج فرضیات مدل می توان مدل رگرسیونی چند متغیره فصل تابستان را با دو متغیر مستقل عرض جغرافیایی و ارتفاع با توجه به جدول ضرایب مدل (جدول ۳) به شرح ذیل نوشت:

$$Summer\,Rain = -150.1 + (4.1 \times Latitude) + (0.01 \times Elevation)$$

جدول (۳) آماره های مربوط به ضرایب مدل رگرسیونی چند متغیره برای تبیین بارش های تابستانه استان کردستان

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t	سطح معناداری
	B	انحراف معیار	بتا		
(مستقل)	-۱۵۰/۱۵۱	۱۷/۲۰۱		-۸/۷۲۹	۰/۰۰۰
عرض جغرافیایی	۴/۱۰۵	۰/۴۸۷	۰/۶۰۱	۸/۴۲۳	۰/۰۰۰
ارتفاع	۰/۰۰۶	۰/۰۰۱	۰/۴۳۶	۶/۱۰۶	۰/۰۰۰

توزیع مکانی بارش فصل تابستان در استان کردستان (شکل ۴) نشان می دهد که هسته های با بارش زیاد در غرب مرکز استان و هسته های با بارش کم در جنوب استان قرار گرفته اند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

روند افزایشی مکانی بارش در این نقشه نشان می دهد که بارش برخلاف فصل بهار تابعی از عرض جغرافیایی است یعنی هرچه از جنوب به شمال حرکت می کنیم بارش افزایش می یابد.

مدل بارش فصل پاییز

فصل پاییز با ۱۴۲/۴ میلیمتر بارش بعد از دو فصل زمستان و بهار، سومین فصل پرپارش استان کردستان به شمار می آید. دو متغیر طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی از بین سه متغیر مورد مطالعه با ضریب تبیین ۰/۶۸۷ (ضریب همبستگی ۰/۸۲۹) نزدیک به ۶۹ درصد تغییرات مکانی بارش این استان را توجیه می کند (جدول ۶).

نتایج ازمون فرضیات نشان می دهد که F محاسباتی (۲۶/۵۴۷) جهت آزمون خطی بودن رابطه متغیرها بسیار بیشتر از F جدول است. لذا فرضیه خطی بودن این مدل تصدیق می شود. شاخص دوربین- واتسون نیز (۲/۳۹۴) چون درحد فاصل ۱/۵ تا ۲/۵ قرار گرفته است پس ناهمبسته بودن خطای مدل هم تایید می شود (جدول۶). نرمال بودن خطاها نیز در شکل ۲ تایید می گردد. در این نمودار مشاهده می شود که تمامی نقاط حول خط نرمال تجمع یافته اند.

فرضیه ثابت بودن واریانس خطاها نیز که از طریق نمودار پراکنش مقادیر استاندارد شده پیش بینی علیه مقادیر باقیمانده های استاندارد شده آزمون می شود حاکی از عدم وجود یک روند مشخص در داده هاست (شکل ۳). لذا این فرضیه هم مورد پذیرش قرار می گیرد.

با توجه به نتایج جمیع فرضیات تایید شده، مدل رگرسیونی بارش فصل پاییز با عوامل زمین- اقلیم با توجه به جدول ضرایب مدل (جدول ۴) به شکل زیر ارایه می شود:

$$AutumnRain = 5283.9 + (-76.9 \times Longitude) + (-42.9 \times Latitude)$$

جدول (۴) آماره های مربوط به ضرایب مدل رگرسیونی چند متغیره برای تبیین بارش های پاییزه استان کردستان

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t	سطح معناداری
	B	انحراف معیار	بتا		
(مستقل)	۵۲۸۳/۹۰۱	۴۵۴/۸۱۸		۱۱/۶۱۸	۰/۰۰۰
طول جغرافیایی	-۷۶/۹۸۰	۶/۱۷۲	-۰/۸۲۸	-۱۲/۴۷۲	۰/۰۰۰
عرض جغرافیایی	-۴۲/۹۴۹	۸/۳۳۶	-۰/۳۴۲	-۵/۱۵۲	۰/۰۰۰

توزیع مکانی بارش فصل پاییز در استان کردستان در شکل ۴ نشان می دهد که بارش از غرب به شرق استان دارای یک روند کاهشی است همچنین از جنوب به شمال نیز این روند

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

مشاهده می گردد. هسته های پربارش در غرب و هسته های کم بارش در شرق استان در این فصل لانه گزینی کرده اند.

مدل بارش فصل زمستان

فصل زمستان با میانگین بارش ۲۰۶/۹ میلیمتر، پربارش ترین فصل استان کردستان است. با وارد کردن گام به گام متغیرهای مورد مطالعه به مدل رگرسیونی مشاهده گردید که هر سه متغیر آستانه های ورودی به مدل را دارا بوده، لذا تنها فصلی که مدل رگرسیونی آن سه متغیره بوده است همین فصل زمستان می باشد. میزان ضریب همبستگی این مدل ۰/۸۱۸ با ضریب تبیین ۰/۶۶۹است بنابراین می توان حدود ۶۷ درصد تغییرات مکانی بارش استان کردستان را با این مدل سه متغیره تبیین کرد (جدول ۶).

انجام چهار آزمون مورد نظر جهت صحت دقت مدل در برآورد مکانی بارش های فصل زمستان به ترتیب نشان از خطی بودن رابطه، ناهمبسته بودن خطاهای مدل، نرمال بودن باقیمانده ها و ثابت بودن واریانس باقیمانده ها دارد. به طوریکه مقدار F محاسباتی (۴/۰۰۴) کمی بیش از F جدول (۳/۹۷) است و مقدار شاخص دوربین- واتسون نیز ۲/۰۰۲ است (جدول ۶). نمودار P-P Plot هم نرمال بودن باقیمانده ها را اطراف خط نرمال نشان می دهد (شکل ۲). و در نهایت نمودار پراکنش مقادیر باقیمانده ها در مقابل مقادیر پیش بینی شده نیز هیچ روند خاصی را نشان نمی دهد (شکل ۳).

بنابراین با توجه به نتایج آزمون فرضیات و براساس جدول ضرایب مدل (جدول ۵)، مدل رگرسیونی بارش های زمستانه با سه متغیر طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع به شکل زیر خواهد بود.

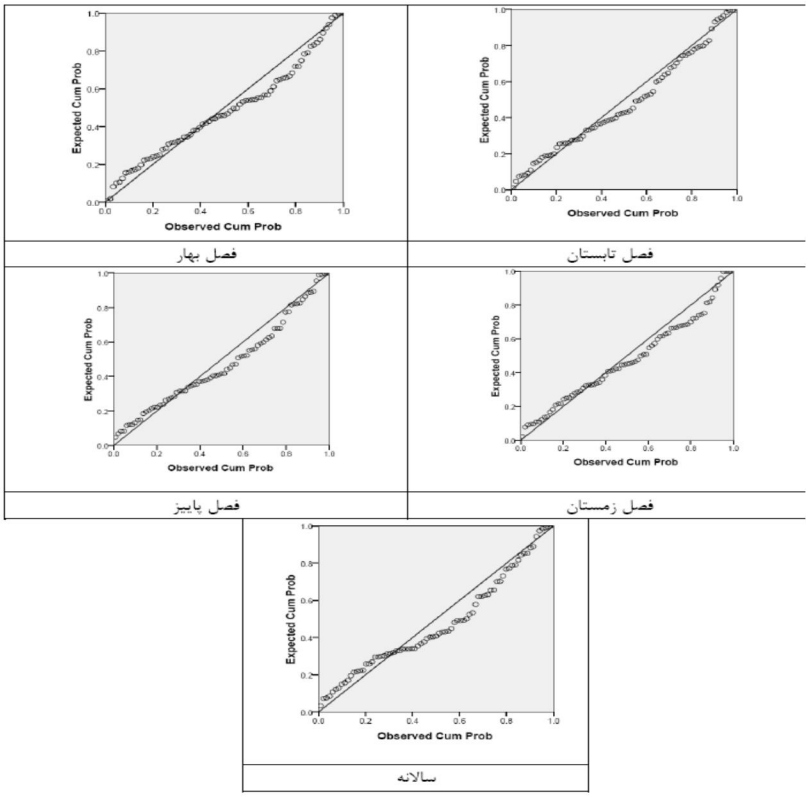
$$w\,int\,er\,rain = 9069.0 + (-135.1 \times Longitude) + (-66.7 \times Latitude) + (-0.1 \times Elevation)$$

جدول (۵)آماره های مربوط به ضرایب مدل رگرسیونی چند متغیره برای تبیین بارش های پاییزه استان کردستان

مدل	ضرایب غیر استاندارد		ضرایب استاندارد	t	سطح معناداری
	B	انحراف معیار	بتا		
(مستقل)	۹۰۶۹/۰۳۶	۱۱۳۸/۶۵۷		۷/۹۶۵	۰/۰۰۰
طول جغرافیایی	-۱۳۵/۱۰۵	۱۶/۳۷۶	-۰/۷۰۸	-۸/۲۴۹	۰/۰۰۰
عرض جغرافیایی	-۶۶/۷۷۶	۱۸/۶۹۳	-۰/۲۵۹	-۳/۵۷۲	۰/۰۰۱
ارتفاع	-۰/۰۸۳	۰/۰۴۱	-۰/۱۷۰	-۲/۰۰۱	۰/۰۴۹

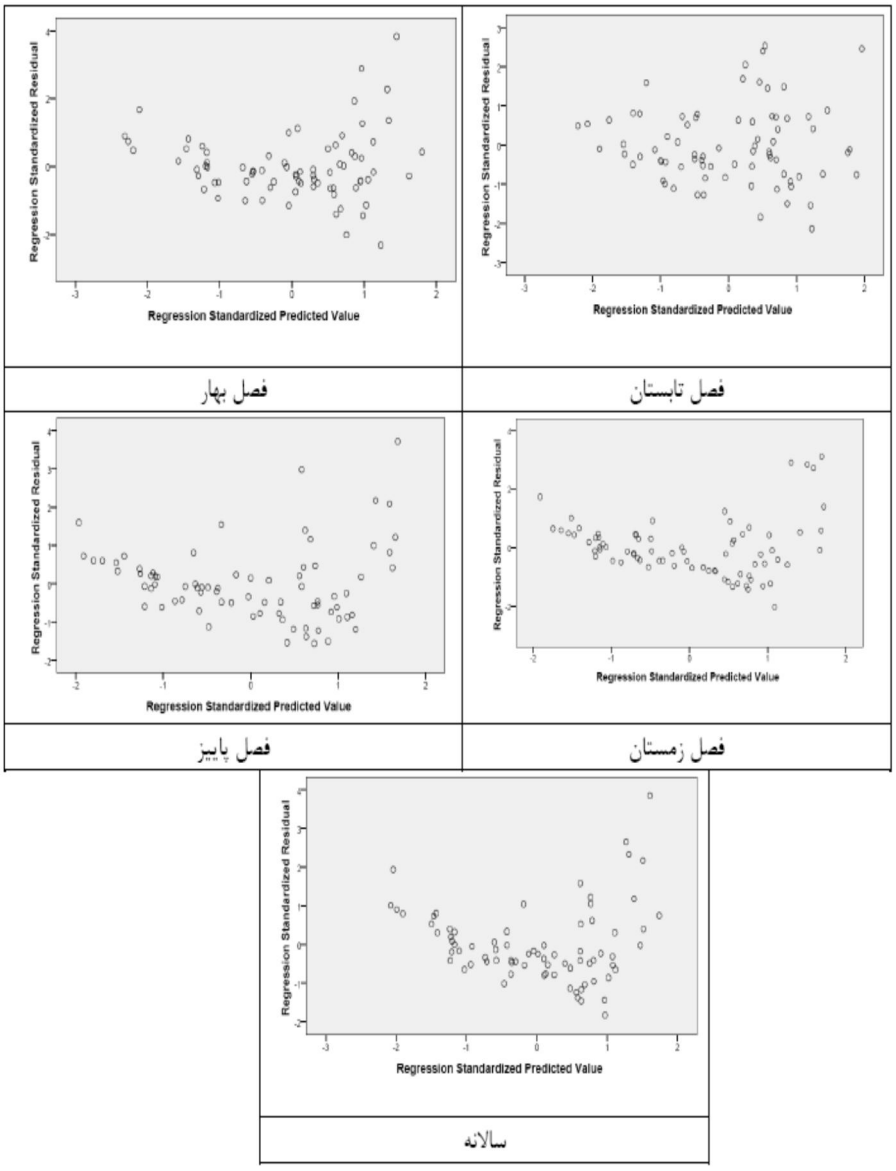
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

نقشه همبارش فصل زمستان نیز الگویی مشابه الگوی بارش های بهاره، پاییزه و زمستانه دارد. یعنی هرچه از جانب غرب به سمت شرق حرکت می کنیم میزان بارش کاهش پیدا می کند (شکل ۴).



شکل (۲) نمودار P-P Plot جهت آزمون نرمال بودن خطاها در بارش های سالانه و فصلی استان کردستان

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

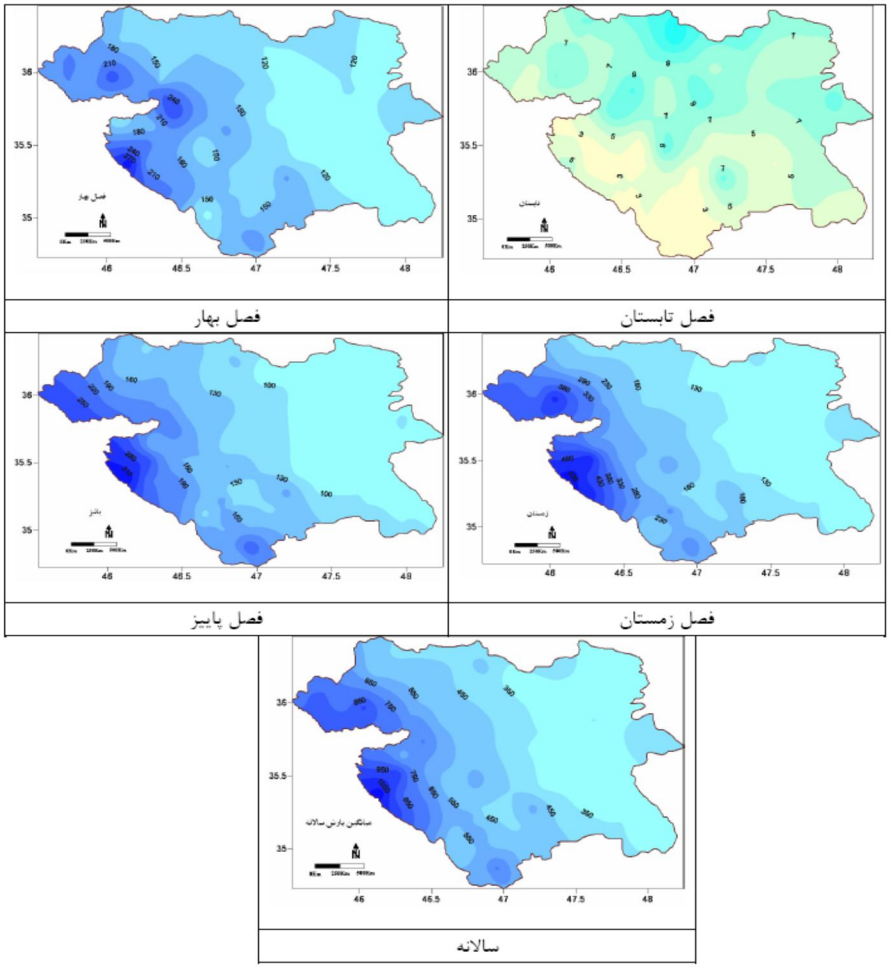


شکل (۳) نمودار پراکنش مقادیر باقیمانده ها در مقابل مقادیر پیش بینی شده سالانه و چهار فصل سال در استان کردستان

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

جدول (۶) خلاصه آماره های مدل رگرسیونی بارش های سالانه و فصلی استان کردستان

مدل	ضریب همبستگی	ضریب تبیین	خطای استاندارد برآورد	آماره F محاسباتی	آماره F جدول	درجه آزادی ۱	درجه آزادی ۲	سطح معناداری	شاخص دوربین- واتسون
بارش سالانه	-۰/۸۱۶	۰/۶۶۵	۱۱۳/۷۱	۱۸/۶۲۷	۳/۹۷	۱	۸۰	۰/۰۰۱	۲/۱۴۹
بارش بهار	۰/۶۷۷	۰/۴۵۹	۳۲/۲۸	۵/۴۹۸	۳/۹۷	۱	۸۰	۰/۰۲۲	۲/۰۹۷
بارش تابستان	۰/۷۹۵	۰/۶۳۱	۱/۷۵	۳۷/۲۸۷	۳/۹۷	۱	۸۰	۰/۰۰۱	۰/۰۹۴
بارش پاییز	۰/۸۲۹	۰/۶۸۷	۲۹/۶۰	۲۶/۵۴۷	۳/۹۷	۱	۸۰	۰/۰۰۱	۲/۳۹۴
بارش زمستان	۰/۸۱۸	۰/۶۶۹	۶۲/۸۷	۴/۰۰۴	۳/۹۷	۱	۷۹	۰/۰۴۹	۲/۰۰۲



شکل (۴) توزیع مکانی میانگین ۳۰ ساله (۱۳۸۷-۱۳۵۸) بارش های سالانه و فصلی استان کردستان

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

نتیجه گیری

برای مدل بندی رابطه بین سه عامل زمین-اقلیمِ ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی با بارش های سالانه و فصلی استان کردستان از داده های ۸۳ ایستگاه هواشناسی در سطح استان کردستان بهره گرفته شد. مدل انتخابی برای ایجاد این رابطه، مدل رگرسیونی چند متغیره با استفاده از روش ورود گام به گام متغیرها به مدل بود. نتایج حاصل از اجرای این مدل بر روی بارش های فصلی و سالانه نشان از ترکیب های متفاوت هرکدام از این سه متغیر بر روی توزیع مکانی بارش های فصلی و سالانه بود. به طوریکه ترکیب دو متغیر طول جغرافیائی و عرض جغرافیائی، به ترتیب ۶۹، ۶۶ و ۴۶ درصد تغییرات مکانی بارش های فصل پاییز، بارش های سالانه و بارش های فصل بهار را توجیه می کنند. ترکیب دو متغیر عرض جغرافیایی و ارتفاع حدود ۶۳ درصد تغییرات مکانی بارش فصل تابستان و ترکیب سه متغیر طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع ۴۷ درصد تغییرات مکانی بارش را در فصل زمستان تبیین می کنند.
از بین سه متغیر مورد مطالعه، طول جغرافیایی تاثیرگذارترین متغیر زمین-اقلیم بر روی توزیع مکانی بارش در استان کردستان به شمار می آید. به گونه ایی که به جز فصل تابستان، با بارش دیگر فصول و همچنین بارش سالانه ضریب همبستگی های بالایی را نشان می دهد. این ضریب همبستگی یک ضریب همبستگی منفی است یعنی هرچه از جانب غرب به سمت شرق استان حرکت می کنیم از میزان بارش آن کم می شود. نقشه های همبارش تهیه شده برای فصول مختلف و همچنین برای بارش سالانه این مطلب را تایید می کنند. علاوه بر این طول جغرافیایی مؤید فاصله از منابع رطوبتی در غرب ایران یعنی دریای مدیترانه و سیاه نیز می باشد؛ و چون یکی از مسیرهای اصلی ورود سیکلون های بارانزا به داخل کشور تقریباً منطبق بر استان کردستان (علیجانی، ۱۳۷۴) می باشد و با در نظر گرفتن جهت ناهمواری های این استان که دارای جهتی تقریباً شمالی – جنوبی هستند لذا حجم بسیاری از رطوبت آورده شده از منابع رطوبتی اشاره شده به این استان در بخش غربی رشته کوه های زاگرس ریزش و بعد از عبور از این رشته کوه ها میزان رطوبت آن کاهش پیدا می کند. مطالعات مجرد و مرادی فر (۱۳۸۲) که در مقیاس بزرگتری از استان کردستان بر روی دامنه های غربی و شرقی زاگرس انجام شده است کاهش بارش به ازای افزایش طول و عرض جغرافیایی را تایید می کند.

بعد از طول جغرافیائی، عرض جغرافیایی دومین نقش اثرگذار را بر روی تغییرات بارش در استان کردستان داشته است. به طوریکه به جز فصل تابستان که همبستگی آن با بارش مثبت بوده است در سه فصل دیگر و همچنین با بارش سالانه همبستگی آن منفی بوده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

اما نکته قابل توجه در مدل های بدست آمده حضور کمرنگ ارتفاعات در مدل هاست به طوریکه به جز در دو فصل تابستان و زمستان، در دو فصل دیگر یعنی بهار و پاییز و همچنین در بارش سالانه این متغیر در مدل ها حضور ندارد. عوامل گوناگونی سبب می شود تا از اعتبار روابط بارش- ارتفاع در این استان کاسته شود. این عوامل را همچنانکه غیور و مسعودیان (۱۳۷۵) هم اشاره نموده اند، می توان به قرار زیر خلاصه کرد :

۱. تراکم بارانسنج ها در کوهستان ها بسیارکم است.
۲. در ارتفاعات زیاد ایستگاه های بارانسنجی وجود ندارد.
۳. وقوع بارش هائی با منشاءهای مختلف رابطه بارش – ارتفاع را در این استان بسیار پیچیده نموده است.
۴. تغییرات مکانی بارش با توجه به درهم فشردگی ناهمواری ها در استان کردستان سیار شدید است.
۵. دقت اندازه گیری بارش در کوهستان ها کم است.
۶. شکل زمین در نواحی کوهستانی پیچیده است و رابطه بارش – ارتفاع تحت تاثیر عوامل موضعی مانند جهت دره ها قرار می گیرد.
۷. روابط بارش – ارتفاع به شدت موضعی است و بویژه به جهت جریان توده های هوا بستگی دارد.
۸. در کوههای کم ارتفاع و گسسته رابطه بارش – ارتفاع ضعیف تر است تا در رشته کوههای پیوسته و بلند.

سپاسگزاری

نتایج ارائه شده در این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی تحلیل و مدل بندی ویژگی های بارشی استان کردستان می باشد که با پشتیبانی مالی باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج انجام گرفته است. بدین وسیله از ریاست، معاونت پژوهشی و رئیس دفتر باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج به خاطر حمایت های مالی و علمی سپاسگزاری می کنیم.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

منابع و ماخذ

۱. جعفرپور، ابراهیم (۱۳۸۱) **اقلیم شناسی**. چاپ پنجم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۲. خلیلی، علی (۱۳۷۰) **طرح جامع آب کشور (شناخت اقلیمی ایران، بررسی های بنیادی-بارندگی، بخش اول)**، شرکت مهندسین مشاور جاماب وابسته به وزارت نیرو، ص ۴۴۲.

۳. رضایی بنفشه، مجید و عبدالحمید رجایی اصل (۱۳۸۱) **تحلیل و مدل بندی بارش در حوضه آبریز قره سو**، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۶، شماره ۴، ۹۳-۷۱.

۴. رضائی، علی، محمد مهدوی، کارو لوکس، سادات فیض نیا و محمد حسن مهدیان (۱۳۸۴) **اثر ارتفاع بر بارندگی های یک روزه سیل زا برای برآورد دبی اوج در حوزه آبخیز سد سفید رود**، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۸، شماره ۲، ۲۸۷-۲۷۵.

۵. ساری صراف، بهروز، عبدالحمید رجایی و پریچهر مصری علمداری (۱۳۸۸) **بررسی رابطه بین بارش و توپوگرافی در دامنه های شرقی و غربی منطقه کوهستانی تالش**، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره پیاپی ۳۵، شماره ۳، ۸۴-۶۳.

۶. عساکره، حسین (۱۳۸۴) **تغییرات زمانی – مکانی بارش استان اصفهان طی دهه های اخیر**، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، جلد هجدهم، شماره ۱، ۱۱۶-۹۱.

۷. علیجانی، بهلول (۱۳۷۴) **نقش کوه های البرز بر توزیع ارتفاعی بارش**، فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، دوره ۳۸، شماره ۳.

۸. علیزاده، امین (۱۳۸۰) **اصول هیدرولوژی کاربردی**، انتشارات دانشگاه امام رضا.

۹. غیور، حسنعلی و سید ابوالفضل مسعودیان (۱۳۷۵) **بررسی مکانی رابطه بارش با ارتفاع در ایران زمین**، فصلنامه تحقیقات جغرافیائی، شماره ۴۱، ۱۴۳-۱۲۴.

۱۰.فتوحی اردکانی، اکبر (۱۳۸۰) **کتاب آموزشی SPSS 10** . تهران: انتشارات چرتکه.

۱۱. کاویانی، محمد رضا و بهلول علیجانی (۱۳۸۰) **مبانی آب و هواشناسی**. تهران: انتشارات سمت.

۱۲.مجرد، فیروز و حاجی مراد مرادی فر (۱۳۸۲) **مدلسازی رابطه بارش با ارتفاع در منطقه زاگرس**، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۷، شماره ۲، ۱۸۲-۱۶۳.

۱۳.مهدوی، محمد (۱۳۷۱) **هیدرولوژی کاربردی**: جلد اول. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۱۴.وزیری، فریبرز (۱۳۷۶) **هیدرولوژی کاربردی در ایران** (کتاب نخست، اصول و مبانی، نرم افزار و بانک اطلاعات برای ترسیم منحنی های شدت-مدت بارندگی در ایران)، ۱۳۵۹-۱۳۷۶.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

۱۵.هومن، حیدر علی (۱۳۸۰) **تحلیل داده های چند متغیری در پژوهش رفتاری**. تهران: نشر پارسا.

Alijani, B. (2008) ***Effect of Zagros Mountains on the spatial distribution of precipitation***. J. Mountain science, (5): 218-231.

Barry, R. G. and Chorly, R. J. (1982) ***Atmosphere, weather and climate***. Methuen and co. New York.

Basist, A., Bell, G. D. and Meentemeyer, V. (1994) ***Statistical relationship between topography and precipitation pattern***. J. Climate. (7): 1305-1315.

Houghton, J. G. (1979) ***A model for orographic precipitation in the north – central Great Basin***. Mon. Wea. Rev. (8): 107.

Johansson, B. and Chen, D. (2003) ***The influence of wind and topography on precipitation in Sweden: statistical analysis and modeling***. Int. J. Climatology, (23): 1523-1535.

Konrad II, C. E. (1996) ***Relationships between precipitation event types and topography in the southern Blue Ridge Mountains of the southeastern USA***. Int. J. Climatology. 16(1): 49-62.

Linacre, E. (1992) ***Climate data and resources: A reference and guide***. Routledge.

Prudhomme, G. and Reed, D. W. (1998) ***Relationships between extreme daily precipitation and topography in the mountainous region: A case study in Scotland***. Int. J. Climatology. 18(1): 1439-1453.

Singh, P. and Kumar, N. (1997) ***Effect of orography on precipitation in the western Himalayan region***. J. Hydrology. 199(1-2): 183-206.

Storr, D. and Ferguson, H. L. (1972) ***the distribution of precipitation in some mountainous Canadian watershed. Proceedings on symposium of distribution of precipitation in mountainous areas, 31 July – 2 August, Gelio***, Norway: 243-263.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

Withmore, J. S. (1972) ***the variation of mean annual rainfall with altitude and locality in South Aferica, as determined by multiple curvilinear regression analysis: distribuation of precipitation in mountainous area I***. WMO Publ, 326.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]