

# تحلیل و مدل‌بندی بارش در حوضه آبریز قره‌سو

مجید رضایی بنفشه<sup>۱</sup>، عبدالحمید رجایی اصل<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکترا، دانشگاه تبریز

۲- استاد دانشگاه تبریز

## چکیده

برآورد و تخمین مقادیر بارش حوضه آبریز قره‌سو بر اساس داده‌های مشاهداتی ۲۱ ایستگاه باران‌سنجی موجود در سطح حوضه و همبستگی آن با داده‌های عوامل جغرافیایی ناحیه‌ای نشان داد که با استفاده از داده‌های ناحیه‌ای می‌توان به مدل نهایی بارشهای فصلی و سالیانه دست یافت. ضرایب همبستگی چندگانه<sup>۱</sup> ۶۹ تا ۸۲ درصد در تبیین عوامل جغرافیایی محلی (زمین- اقلیم)<sup>۲</sup> در برآورد بارشهای سالیانه و فصلی حوضه، نشانه خوبی از اهمیت پردازش آماری در مطالعات اقلیمی و استفاده از داده‌های زمین- اقلیم است. در مطالعه حاضر نیز با استفاده از میانگین بارش سالیانه و فصلی ایستگاههای حوضه، ارتباط عوامل جغرافیایی، یعنی عرض و طول جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، فاصله از کوه و فاصله از دریا به روش همبستگیهای چند متغیره مدل‌بندی و به پیش بینی و تخمین بارش پرداخته شده است.

**کلید واژه‌ها:** بارش، حوضه آبریز قره‌سو، همبستگیهای چند متغیره، مدل‌بندی، زمین آمار<sup>۳</sup>، زمین- اقلیم.

## ۱- مقدمه

بارش، اولین بردار در کلیه مطالعات و محاسبات مربوط به منابع آب و بهره برداری از آن است. محاسبه نزولات جوی در یک ناحیه برای ارقام میانگین ناحیه‌ای، به علت ناپیوسته بودن داده‌های بارندگی توسط روشهای آماری انجام می‌گیرد. همچنین جهت به دست آوردن اطلاعات مربوط به بارش نقطه‌ای فاقد آمار، از ایستگاههای موجود در منطقه استفاده

1. Multiple Regression
2. Geo-Climatic
3. Geostatistic



می‌شود .

دقت در تخمین و محاسبه بارش منطقه‌ای به فرایندهای تغییرات مکانی بارش و همچنین به تراکم شبکه‌های ایستگاههای باران سنجی بستگی دارد [۱].

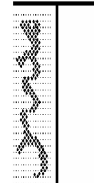
مقایسه بارش میانگین ایران (۲۲۴/۵ میلی‌متر) [۲] با بارش کره زمین (۸۲۰ میلی‌متر)، لزوم توجه و اهمیت تحقیق و پژوهشهای مطالعاتی منابع آب کشور را نشان می‌دهد. لازمه طراحی و مدیریت هرگونه برنامه‌ریزی کلان در منطقه و بهره‌برداریهای اندیشمندانه از آن، توجه جدی به مطالعه دقیق همه سطح زمین در یک منطقه است و این امر مستلزم صرف هزینه هنگفت و وقت طولانی خواهد بود. برآورد بارش دقیق در مقاطع زمانی و همچنین در مکانهای مختلف نیز امری پیچیده و ضروری است. بدین منظور احداث شبکه‌های متراکم هواشناختی و بهره‌برداری از آنها نیز اگرچه امکان‌پذیر است ولی اخذ این داده‌ها در کوتاه مدت نمی‌تواند سیمای واقعی نوسانات بارش و یا میانگین بارش یک نقطه و یا سطح یک منطقه را نشان دهد. بر این اساس استفاده از داده‌های ایستگاههای اندازه‌گیری موجود و نقطه‌ای از دو جهت اهمیت پیدا می‌کند:

۱. تعداد محدود ایستگاههای باران سنجی، هزینه اخذ آمار و اطلاعات را به حداقل می‌رساند.

۲. طولانی بودن دوره ثبت حوادث بارشی در ایستگاهها، مدل‌های بارشی دقیقتری را ارائه می‌کند.

بارش، مجموعه‌ای از نزولات جوی است که در نتیجه تبخیر از سطوح مختلف آبها، خاکهای مرطوب و تبخیر و تعرق گیاهان و... و در نتیجه مکانیسمهای صعود و... به عمل می‌آید. بدیهی است نوع، مقدار و توزیع زمانی بارش با عوامل چندی در ارتباط است که عوامل سینوپتیکی و سیستمهای هوایی عمده‌ترین آن است. در عین حال، عوامل سطح زمین، مانند موقعیت جغرافیایی، پوشش سطح زمین، ارتفاع و جهت‌گیری ناهمواریها نیز در فرم اخذ بارش می‌تواند مؤثر باشد.

بسیاری از محققین مانند تایبوس و سالاس (۱۹۸۵) و فیلیپس و همکاران (۱۹۹۲) نشان داده‌اند که در تخمین و برآورد بارشها، استفاده از تکنیکهای پیش‌بینی زمین آماری، نتیجه بهتری نسبت به روشهای قراردادی معمول به دست می‌دهد [۳]. اکیدو (۱۹۹۰) نیز با این روش برای حوضه تاگوس در اسپانیا به نتایج خوبی دست یافته است [۴]. در مطالعه حاضر



نیز بدون توجه به عوامل سینوپتیک و جوی، سعی در مدل‌بندی بارش حوضه آبریز قره‌سو با تکیه بر عوامل محلی شده است؛ هرچند که تحلیل برخی از این عوامل، مانند طول جغرافیایی متضمن پرداختن به اثر موقعیت جغرافیایی و پوشش‌های سطح زمین و سایر عوامل در غرب حوضه است.

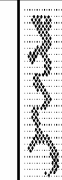
مدل‌بندی و تخمین مقادیر بارش نقطه‌ای و سطح حوضه آبریز قره‌سو، در مقاطع زمانی سالیانه و فصلی هدف اصلی این تحقیق به شمار می‌رود. این مدل با تکیه بر عوامل جغرافیایی ناحیه‌ای یا زمین آمار انجام می‌شود. بر همین اساس فرضیه تحقیق را می‌توان به صورت ذیل بیان کرد:

- مقادیر بارش چند نقطه پراکنده در سطح حوضه را می‌توان به سطح حوضه تعمیم داد.

## ۲- مواد و روش تحقیق

حوضه آبریز قره‌سو به وسعت ۱۴۱۶۱ کیلومتر مربع، در طول جغرافیایی  $20^{\circ} 46'$  تا  $41^{\circ} 48'$  و عرض جغرافیایی  $37^{\circ} 47'$  تا  $39^{\circ} 17'$  شمالی، ۲۱ درصد از مساحت دو استان آذربایجان شرقی و اردبیل را در برمی‌گیرد [۵] و جزء آبریز ارس و دریای خزر محسوب می‌شود (نقشه ۱). وجود مراکز شهری و جمعیتی بزرگ مانند اردبیل، مشکین شهر، اهر، نمین، ورزقان، اصلاندوز و ... و نقش و اهمیت اراضی مرتعی و کشاورزی دشتها، پای کوهها، ارتفاعات و لزوم حفظ و استفاده از توانمندیهای دیگر طبیعی حوضه، پرداختن به برآورد منابع آبی و به ویژه بارش و نقش حیاتی آن را دو چندان می‌کند.

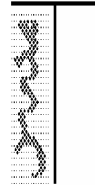
داده‌های بارش روزانه برای ۲۱ ایستگاه باران‌سنجی حوضه از طریق سازمان هواشناسی کشور و سازمان امور مطالعات منابع آب وزارت نیرو تأمین شده است. حداکثر دوره آماری ۱۳۳۰ تا ۱۳۸۰ (به مدت ۵۱ سال) برای برخی از ایستگاهها و حداقل دوره آماری ۷ سال برای برخی دیگر از ایستگاههای باران‌سنجی جدید مورد مطالعه قرار گرفته است. جدول ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاهها و پارامترهای آماری محاسباتی را نشان می‌دهد. در استفاده از داده‌های آماری، ابتدا کلیه داده‌های بارش روزانه و بر اساس سال زراعی ردیف شده‌اند. داده‌های سازمان هواشناسی (بر اساس سال میلادی) و وزارت نیرو (بر اساس سال زراعی) منطبق با تقویم سال شمسی - زراعی حتی با دقت و در نظر گرفتن سالهای کبیسه، تنظیم گردیده است. میانگین بارشهای روزانه برای هر ماه و فصل و در

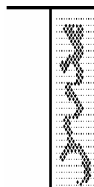




مجید رضایی بنفشه، عبدالحمید رجایی اصل

نهایت سال در کلیه ایستگاهها و برای اطمینان از همگن بودن دادهها از روش جرم مضاعف

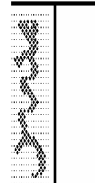




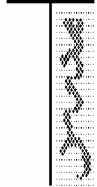
[۶] استفاده شده است. همچنین جهت تکمیل داده‌های ایستگاههای فرعی و نواقص آماری از



طریق ایجاد همبستگی بین ایستگاهها داده‌سازی به عمل آمده است. ادغام داده‌های دو سازمان متفاوت و همچنین تغییر موقعیت نسبی برخی از ایستگاهها و یا تعطیلی موقت آنها می‌تواند نرمال بودن توزیع داده‌ها را زیر سؤال ببرد. جهت تأیید طبیعی بودن توزیع داده‌ها از آزمون اسمیرنوف - کولموگروف<sup>۱</sup> استفاده شد و طبق جدول ۲ طبیعی بودن توزیع آماری مورد تأیید قرار گرفت.



جدول ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاهها و آماره‌های مورد استفاده





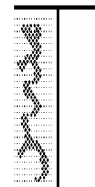
جدول ۲ نتایج آزمون کولموگروف - اسمیرنوف

متغیرها	تابستان	بهار	زمستان	پاییز	سالنامه
تعداد	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱	۲۱
میانگین	۶۷/۰	۱۳۸/۰	۹۲/۷	۹۷/۷	۳۹۵/۴
انحراف معیار	۲۱/۷	۳۲/۲	۳۱/۲	۲۸/۹	۱۰۶/۸
کولموگروف - اسمیرنوف	۰/۷۴۴	۰/۷۶۷	۰/۹۲۲	۰/۹۶۲	۰/۷۸۴
معنی داری	۰/۶۳۷	۰/۵۹۸	۰/۳۶۳	۰/۳۱۳	۰/۵۷۰

عوامل جغرافیایی ناحیه‌ای که با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه [۷] برای حوضه مورد مطالعه محاسبه و استخراج شده بدین قرار است:

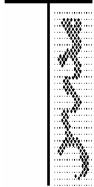
- عرض جغرافیایی: پراکنش مقادیر بارش در جهت شمال و جنوب حوضه چگونه است؟
- طول جغرافیایی: بویژه نقش منابع رطوبتی و دریاها، مدیترانه و سیاه و یا اقیانوس اطلس در غرب حوضه چگونه است؟ و یا پراکنش بارش در جهت طول جغرافیایی ایستگاهها چگونه است؟
- ارتفاع از سطح دریا،
- فاصله از کوه، به ویژه کوههای ۳۰۰۰ متر و بیشتر (نقشه ۲).

شاخصهای آماری      شاخصهای آماری





نقشه ۲ توپوگرافی حوضه و فاصله ایستگاهها از ارتفاعات ۳۰۰۰ متری





- فاصله از دریا. در اینجا دریای خزر به عنوان نزدیکترین دریا که در شرق حوضه قرار گرفته است مد نظر بوده است.

هر کدام از داده‌های مذکور به عنوان یک متغیر مستقل برای ایستگاههای حوضه در نظر گرفته شده است. هر چند که برخی از متغیرهای مذکور، مانند فاصله از کوه و یا دریا می‌تواند در جهات مختلف اندازه‌های متفاوتی را نشان دهد، جهت دقت بیشتر، طول جغرافیایی از نصف النهار گرینویچ و طول جغرافیایی  $45^{\circ}$   $48^{\circ}$  شرقی نیز روی دریای خزر برای محاسبه فاصله نزدیکترین دریا و نقش رطوبتی آن در نظر گرفته شده است.

در ارتباط با متغیر فاصله از کوه نیز بدون در نظر گرفتن جهت اندازه گیری و فقط با دو شرط نزدیکی به کوه و داشتن ارتفاع بیش از ۳۰۰۰ متر به جهت جذب رطوبت و یا تأثیر در مکانیسم صعود و بارش انتخاب و اندازه گیری شده است (نقشه ۲).

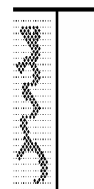
به منظور تبیین میزان بارش ۲۱ ایستگاه بر اساس متغیرهای مستقل (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع و ...) و همچنین برای ارائه مدل مناسب بر اساس اثر مجموع متغیرهای مستقل فوق از نرم افزار آماری SPSS 10.0.5 [۸] در تحلیل توابع رگرسیونی چند متغیره به روش Enter استفاده شد.

در پاسخ به این سؤال که چرا از روش گام به گام استفاده نشده باید گفت: در اجرای تحلیل رگرسیون گام به گام، در این خصوص که کدامیک از دو متغیر رقیب باید به عنوان متغیر دوم وارد معادله شود اغلب یک تئوری ضعیف به شکل ساختگی و تصنعی به ظرافت آماری می‌افزاید. همچنین بحثهای مستدل و محکمی نیز علیه کاربرد روش گام به گام توسط هیوبرتی (۱۹۸۹) ارائه شده است. هندرسون و دنیسون (۱۹۸۹) پیشنهاد می‌کنند که بهتر است رگرسیون گام به گام، رگرسیون غیر عاقلانه<sup>۱</sup> نامیده شود [۹]. از این رو در این مطالعه، هر پنج متغیر مستقل به صورت یکجا وارد مدل شده‌اند. پس از استخراج نتایج ملاحظه شد که میزان ضرایب همبستگی چندگانه در مدل بندی و تخمین بارشهای سالیانه و فصلی در تابع رگرسیونی چند متغیره<sup>۲</sup> کاب داگلاس [۱۰] برازش خوبی دارد. فرم خطی تابع رگرسیونی چند متغیره به شکل زیر است:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_k X_k + e$$

1. Unwise

2. Cobe Douglas



در صورتی که به جای داده‌های واقعی متغیرهای مستقل و وابسته، از  $L_n$  (لگاریتم نپرین) داده‌ها استفاده شود، در حقیقت، تابع رگرسیون چند متغیره کاب داگلاس به کار رفته است.

در معادلات فوق  $B$  ثابت معادله و یا ثابت متغیر وابسته و  $B_1$  و  $B_2$  و  $B_3 \dots$  ضرایب هر کدام از متغیرهای مستقل، و بالاخره  $X_1$  و  $X_2$  و  $X_3 \dots$  مقادیر متغیرهای مستقل معادله هستند.  $e$  نیز مجموع خطای باقیمانده‌هاست.

در مدل کاب داگلاس به جهت استفاده از لگاریتم نپرین داده‌ها، تعادل بین داده‌ها به وجود آمده، مقدار خود همبستگی<sup>۱</sup> خطاها کاهش پیدا می‌کند.

جهت اطمینان بیشتر از اینکه تا چه حد می‌توان در تخمین مقادیر بارش برحسب مدل فوق تبیین مناسبی ارائه نمود، از آزمون دوربین - واتسون<sup>۲</sup> [۱۱] برای سنجش میزان خود همبستگی خطاها استفاده شد.

در صورتی که  $D$  (شاخص دوربین - واتسون) بین  $1/5$  تا  $2/5$  قرار گیرد ( $1/5 < D < 2/5$ )، نشانه عدم خود همبستگی خطاها خواهد بود. وجود خود همبستگی خطاهای بالا در بین برخی از محاسبات به جهت ماهیت بعضی از متغیرهاست که علی‌رغم تغییر در سایر متغیرهای مستقل همواره ثابت هستند؛ مانند ارتفاع از سطح دریا و یا فاصله از کوه و ...

چنانکه در جدول ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ ملاحظه می‌شود مقادیر آماره‌های  $F$  و سطوح معنی‌داری آن ( $P$ ) نیز رابطه متغیرها را توجیه می‌کند. سرانجام با توجه به ضرایب رگرسیونی هر یک از متغیرها و میزان همبستگی خالص یا اثر مستقیم هر یک از متغیرها بر متغیر وابسته، به ارائه و تفسیر مدلها پرداخته شده است.

1. Serial Correlation یا Auto cor  
2. Durbin - Watson



جدول ۳ آماره‌های مربوط به مدل رگرسیون چند متغیره برای تبیین بارش سالیانه حوضه قره‌سو

آزمون دوربین و اتسون	اشتباه معیار	ضریب تبیین اصلاح شده	ضریب تبیین	ضریب رگرسیون
۲/۰۳۲	۰/۱۸۴۲	۰/۵۰۰	۰/۶۲۵	۰/۷۹۱

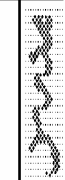
آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

متغیرها	Sig. F	F	میانگین مجزورات	مجموع مجزورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰۰۷	۵/۰۰۳	۰/۱۷۰	۰/۸۴۹	۵
باقیمانده			۰/۰۳۳۹	۰/۵۰۹	۱۵
جمع				۱/۳۵۷	۲۰

متغیرهای داخل مدل رگرسیونی

متغیرها	Sig. T	T	Beta	خطای استاندارد B	B
(مستقل)	۰/۰۱۳	-۲/۸۲۸		۴۳/۳۵۰	-۱۲۲/۶۱۲
عرض جغرافیایی	۰/۰۲۳	۲/۵۳۸	۰/۸۲۰	۹/۷۲۹	۲۴/۶۹۶
طول جغرافیایی	۰/۰۲۹	۲/۴۲۳	۰/۴۷۲	۳/۷۶۲	۹/۱۱۵
ارتفاع از دریا	۰/۰۱۴	۲/۷۷۷	۰/۸۴۹	۰/۱۷۳	۰/۴۸۰
فاصله از کوه	۰/۰۶۶	-۱/۹۸۰	-۰/۴۲۴	۰/۱۱۴	-۰/۲۲۶
فاصله از دریا	۰/۱۱۵	۱/۴۲۳	۰/۲۷۲	۰/۰۷۸	-۰/۱۱۱







جدول ۴ آماره‌های مربوط به مدل رگرسیون چند متغیره برای تبیین بارش فصل پاییز حوضه قره‌سو

آزمون دوربین و اتسون	اشتباه معیار	ضریب تبیین اصلاح شده	ضریب تبیین	ضریب رگرسیون
۲/۱۱۲	۰/۲۲۸۰	۰/۳۰۱	۰/۴۷۶	۰/۶۹۰

آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

شاخص آماری	Sig. F	F	میانگین مجزورات	مجموع مجزورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰۶۱	۲/۷۲۲	۰/۱۴۱	۰/۷۰۷	۵
باقیمانده			۰/۰۵۱۹	۰/۷۸۰	۱۵
جمع				۱/۴۸۷	۲۰

متغیرهای داخل مدل رگرسیونی

متغیر	Sig. T	T	Beta	خطای استاندارد B	B
(مستقل)	۰/۰۳۳	-۲/۳۵۶	-	۵۲/۶۶۱	-۱۲۶/۴۰۸
عرض جغرافیایی	۰/۰۴۵	۲/۱۹۰	۰/۸۳۶	۱۲/۶۱۳	۲۶/۳۷۸
طول جغرافیایی	۰/۰۹۷	۱/۷۶۸	۰/۴۰۷	۴/۶۵۷	۸/۲۳۴
ارتفاع	۰/۰۴۵	۲/۱۸۴	۰/۷۸۹	۰/۲۱۴	۰/۴۶۷
فاصله از کوه	۰/۱۵۸	-۱/۴۸۶	-۰/۳۷۷	۰/۱۴۱	-۰/۲۱۰
فاصله از دریا	۰/۱۶۵	۰/۴۴۲	۰/۱۰۰	۰/۰۹۷	-۰/۰۴۲۷



جدول ۵ آماره‌های مربوط به مدل رگرسیون چند متغیره برای تبیین بارش فصل زمستان حوضه قره‌سو

آزمون دوربین و اتسون	اشتباه معیار	ضریب تبیین اصلاح شده	ضریب تبیین	ضریب رگرسیون
۲/۰۷۳	۰/۲۲۷۷	۰/۵۵۳	۰/۶۶۴	۰/۸۱۵

آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

شاخص آماری	Sig. F	F	میانگین مجزورات	مجموع مجزورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰۰۳	۵/۹۳۹	۰/۳۰۸	۱/۵۳۹	۵
باقیمانده			۰/۰۵۱۸	۰/۷۷۷	۱۵
جمع				۲/۳۱۶	۲۰

متغیرهای داخل مدل رگرسیونی

متغیر	Sig. T	T	Beta	خطای استاندارد B	B
(مستقل)	۰/۰۰۸	-۳/۰۳۹	-	۵۳/۵۸۲	-۱۶۲/۸۲۳
عرض جغرافیایی	۰/۰۲۰	۲/۵۹۸	۰/۷۹۴	۱۲/۰۲۶	۳۱/۲۴۵
طول جغرافیایی	۰/۰۱۵	۲/۷۳۱	۰/۵۰۳	۴/۶۵۰	۱۲/۶۹۶
ارتفاع	۰/۰۰۹	۳/۰۰۲	۰/۸۶۸	۰/۲۱۴	۰/۶۴۲
فاصله از کوه	۰/۰۶۱	-۲/۰۲۲	-۰/۴۱۰	۰/۱۴۱	-۰/۲۸۵
فاصله از دریا	۰/۱۳۹	۱/۲۲۸	۰/۲۲۲	۰/۰۹۷	۰/۱۱۹



مجید رضایی بنفشه، عبدالحمید رجایی اصل





جدول ۶ آماره‌های مربوط به مدل رگرسیون چند متغیره برای تبیین بارش فصل بهار حوضه قره‌سو

ضریب رگرسیون	ضریب تبیین	ضریب تبیین اصلاح شده	اشتباه معیار	آزمون دوربین و اتسون
۰/۷۹۵	۰/۶۳۲	۰/۵۱۰	۰/۱۶۳۴	۲/۱۰۷

آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

شاخص آماری	Sig. F	F	میانگین مجزورات	مجموع مجزورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰۰۶	۵/۱۵۵	۰/۱۳۸	۰/۶۸۸	۵
باقیمانده			۰/۰۲۶۷	۰/۴۰۰	۱۵
جمع				۱/۰۸۹	۲۰

متغیرهای داخل مدل رگرسیونی

متغیر	Sig. T	T	Beta	خطای استاندارد B	B
(مستقل)	۰/۰۲۶	-۲/۴۶۱	-	۳۸/۴۵۸	-۹۴/۶۳۳
عرض جغرافیایی	۰/۰۳۳	۲/۳۴۲	۰/۷۴۹	۸/۶۳۱	۲۰/۲۱۷
طول جغرافیایی	۰/۰۹۸	۱/۷۶۲	۰/۳۴۰	۳/۳۳۷	۵/۸۸۲
ارتفاع	۰/۰۰۹	۳/۰۱۴	۰/۹۱۲	۰/۱۵۳	۰/۴۶۲
فاصله از کوه	۰/۰۷۷	-۱/۸۹۶	-۰/۴۰۲	۰/۱۰۱	-۰/۱۹۲
فاصله از دریا	۰/۲۰۸	۱/۰۷۸	۰/۲۰۴	۰/۰۶۹	۰/۰۷۴



جدول ۷ آماره‌های مربوط به مدل رگرسیون چند متغیره برای تبیین بارش فصل تابستان حوضه قره‌سو

آزمون دوربین و اتسون	اشتباه معیار	ضریب تبیین اصلاح شده	ضریب تبیین	ضریب رگرسیون
۱/۷۸۹	۰/۲۴۴۵	۰/۳۹۶	۰/۵۴۷	۰/۷۳۹

آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

شاخص آماری	Sig. F	F	میانگین مجزورات	مجموع مجزورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰۲۴	۳/۶۱۸	۰/۲۱۶	۱/۰۸۲	۵
باقیمانده			۰/۰۵۹	۰/۸۹۷	۱۵
جمع				۱/۹۷۹	۲۰

متغیرهای داخل مدل رگرسیونی

متغیر	Sig. T	T	Beta	خطای استاندارد B	B
(مستقل)	۰/۰۴۱	-۲/۲۳۰	-	۵۷/۵۵۸	-۱۲۸/۳۶۲
عرض جغرافیایی	۰/۱۲۱	۱/۶۴۳	۰/۵۸۳	۱۲/۹۱۸	۲۱/۲۲۳
طول جغرافیایی	۰/۰۱۶	۲/۷۲۳	۰/۵۸۳	۴/۹۹۵	۱۳/۶۰۱
ارتفاع	۰/۲۴۰	۱/۲۲۳	۰/۴۱۱	۰/۲۳۰	۰/۲۸۱
فاصله از کوه	۰/۱۱۲	-۱/۶۸۸	-۰/۳۹۸	۰/۱۵۱	-۰/۲۵۵
فاصله از دریا	۰/۰۱۲	۲/۸۵۸	۰/۶۰۰	۰/۱۰۴	۰/۲۹۶





تحلیل رگرسیون      تحلیل رگرسیون      تحلیل رگرسیون      تحلیل رگرسیون  
تحلیل رگرسیون      تحلیل رگرسیون      تحلیل رگرسیون      تحلیل رگرسیون

استفاده از مدل‌بندی در تخمین رژیم‌های بارش حوضه، داده‌های تعدیل شده‌ای را به وجود خواهد آورد. این موضوع در نمودارهای تطبیق بارش‌های مشاهداتی و تخمینی (نمودار ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵) بوضوح دیده می‌شود.

### ۳- تحلیل و مدل‌بندی بارش

۳-۱- مدل بارش سالانه



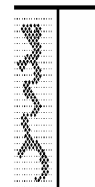
در تخمین و ارائه مدل بارش سالیانه بر اساس متغیرهای مستقل زمین آمار در حوضه آبریز قره‌سو، طبق جدول ۳ میزان ضریب همبستگی چند متغیره  $R = 0/791$  و ضریب تبیین  $R^2 = 0/625$  و همچنین ضریب تعدیل شده و خالص  $R_a^2 = 0/500$  به دست آمد که نشان می‌دهد ۵۰ درصد از تغییرات مقادیر بارش سالیانه با متغیرهای مستقل پنجگانه حوضه تبیین می‌شود. مقدار آماره  $F = 5/003$  و  $P = 0/007$  به دست آمد که نشانه معنی‌دار بودن رابطه متغیرها و بالا بودن سطح اطمینان است.

در تبیین مدل بارش سالیانه حوضه، متغیرهای عرض جغرافیایی با  $B = 24/696$ ، طول جغرافیایی با  $B = 9/115$ ، ارتفاع از سطح دریا با  $B = 0/480$ ، فاصله از کوه با  $B = -0/228$  و سرانجام فاصله از دریا با  $B = 0/111$  به ترتیب مهمترین ضرایب رگرسیونی یا شیب خط برای هر یک از متغیرها را نشان می‌دهد.

آماره دوربین - واتسون نیز  $D = 2/032$  است که عدم همبستگی خطاها در این مدل را نشان می‌دهد. پس مدل بارش سالیانه حوضه به شکل زیر خواهد بود:

$$Y(\ln) = -122/612 + 24/696(\ln \text{ عرض جغرافیایی}) + 9/115(\ln \text{ طول جغرافیایی}) \\ + 0/480(\ln \text{ ارتفاع}) + 0/111(\ln \text{ فاصله از دریا}) - 0/226(\ln \text{ فاصله از کوه})$$

نمودار ۱ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی را بر اساس مدل مذکور نشان می‌دهد.





نمودار ۱ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی سالیانه حوضه آبریز قره‌سو

### ۲-۳- مدل بارش فصل پاییز

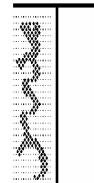
بر اساس متغیرهای مستقل مذکور در تخمین مقادیر بارشی فصل پاییز، طبق جدول ۴، ضریب رگرسیونی چند متغیره  $R = 0/690$ ، ضریب تبیین یا مجذور ضریب همبستگی  $R^2 = 0/476$ ، ضریب تبیین خالص و اصلاح شده  $R_a^2 = 0/301$  حاصل شد. مقادیر آماره  $F = 2/722$  و  $P = 0/061$  به دست آمد که بیانگر ضعف نسبی سطح اطمینان (۹۴ درصد) است. عدد دوربین - واتسون  $D = 2/112$  است که مانند بارش سالیانه، نشان دهنده عدم خود همبستگی خطاها در مدل است. در تبیین و تخمین بارشهای فصل پاییز حوضه، متغیرهای عرض جغرافیایی با  $B = 26/378$ ، طول جغرافیایی با  $B = 8/234$ ، ارتفاع از سطح دریا با  $B = 0/467$ ، فاصله از کوه  $B = -0/210$  و سرانجام فاصله از دریا با  $B = -0/042$  مهمترین ضرایب و شیب خط رگرسیونی را تعیین می‌کنند. بر اساس ضرایب استاندارد شده نیز ۳ متغیر عرض جغرافیایی، ارتفاع و طول جغرافیایی به ترتیب بیشترین



تأثیر را - به صورت مثبت - در تبیین مدل دارند؛ در صورتی که دو متغیر فاصله از کوه و فاصله از دریا تأثیر نهایی و در عین حال منفی دارند. به عبارت دیگر افزایش بارش به ازای افزایش سه متغیر اول، مثبت است و با دو متغیر دیگر رابطه عکس دارد. مدل بارش برای فصل پاییز چنین خواهد بود:

$$Y (\ln) = - ۱۲۶/۴۰۸ + ۲۶/۳۷۸ (\ln \text{ عرض جغرافیایی}) + ۸/۲۳۴ (\ln \text{ طول جغرافیایی}) \\ + ۰/۴۶۷ (\ln \text{ ارتفاع}) - ۰/۲۱۰ (\ln \text{ فاصله از کوه}) - ۰/۰۴۲ (\ln \text{ فاصله از دریا})$$

نمودار ۲ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تبیین بر اساس مدل بالا را به نمایش می‌گذارد.



نمودار ۲ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی فصل پاییز حوضه آبریز قره‌سو

### ۳-۳- مدل بارش فصل زمستان

ارائه مدل بارش فصل زمستان نیز بر اساس متغیرهای به کار گرفته شده، ضرایب رگرسیون  $R = 0/815$ ، ضریب تبیین و یا مجذور ضریب  $R^2 = 0/664$  و همچنین ضریب استاندارد شده معادل  $R_a^2 = 0/553$  را به دست داد (جدول ۵). در برآورد بارش فصل زمستان، متغیر عرض جغرافیایی با ضریب ثابت  $B = 31/245$ ، طول جغرافیایی با  $B = 12/696$ ، ارتفاع از سطح دریا با  $B = 0/642$ ، فاصله از کوه با  $B = -0/285$  و دست آخر فاصله از دریا با  $B = 0/119$  در مراتب بعدی تعیین شیب خط رگرسیون قرار می‌گیرند. با توجه به بتای استاندارد شده ضرایب نیز تنها فاصله از کوه با ضریب  $-0/285$  در مرتبه سوم اهمیت و رابطه معکوس قرار می‌گیرد.

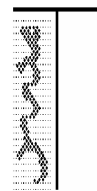
مقادیر آماره  $F = 5/939$  و  $P = 0/003$  رابطه معنی‌داری را بین متغیرها نشان می‌دهد.

شاخص دوربین  $D = 2/073$  است که عدم همبستگی خطاها را در تبیین مدل نشان می‌دهد. مدل نهایی بارش فصل زمستان به شکل زیر درمی‌آید:

$$Y(\ln) = -162/823 + 31/245 (\ln \text{ عرض جغرافیایی}) + 12/696 (\ln \text{ طول جغرافیایی}) + 0/642 (\ln \text{ فاصله از کوه}) - 0/285 (\ln \text{ فاصله از دریا}) + 0/119 (\ln \text{ ارتفاع})$$

نمودار ۳ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی را بر اساس مدل فوق نشان می‌دهد.





نمودار ۳ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی فصل زمستان حوضه آبریز قره‌سو

### ۳-۴- مدل بارش فصل بهار

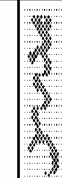
متغیر وابسته بارش بهار نیز در ارتباط با متغیرهای مستقل ناحیه‌ای، ضریب رگرسیون چند متغیره را معادل  $R = 0/795$ ، ضریب تبیین را  $R^2 = 0/632$  و ضریب تبیین اصلاح شده را  $R_a^2 = 0/510$  به دست می‌دهد. به عبارت دیگر، تغییرات مقادیر بارش بهاره با حدود ۵۱ درصد توسط متغیرهای مستقل توجیه می‌شود. ضرایب شیب خط بر اساس عرض جغرافیایی با  $B = 20/217$ ، طول جغرافیایی با  $B = 5/882$ ، ارتفاع از سطح دریا با  $B = -0/462$  و فاصله از دریا با  $B = 0/074$  با روابط مثبت و بالاخره عامل فاصله از کوه با  $B = -0/192$  در مرتبه آخر و رابطه منفی قرار می‌گیرد. مقادیر آماره  $F = 5/155$  و  $P = 0/006$  سطح معنی‌داری خوبی بین روابط متغیرها را نشان می‌دهد. شاخص دوربین واتسون  $D = 2/107$  نیز عدم همبستگی خطاها را تأیید می‌کند. مدل بارش فصل بهار به صورت زیر قابل تبیین است:



تحلیل و مدل‌بندی بارش در حوضه آبریز قره‌سو

$$Y = - ۹۴/۶۳۳ + ۲۰/۲۱۷ (\ln \text{ عرض جغرافیا}) + ۵/۸۸۲ (\ln \text{ طول جغرافیا}) + ۰/۴۶۲ (\ln \text{ ارتفاع}) \\ + ۰/۰۷۴ (\ln \text{ فاصله از دریا}) - ۰/۱۹۲ (\ln \text{ فاصله از کوه})$$

جهت تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی فصل بهار با استفاده از مدل به نمودار ۴ مراجعه شود .



نمودار ۴ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی فصل بهار حوضه آبریز قره‌سو

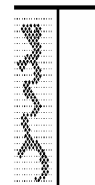
۳-۵- مدل بارش فصل تابستان



در تخمین مدل بارش فصل تابستان ضرایب همبستگی چند متغیره  $R = 0/739$  و  $R^2 = 0/547$  و بالاخره ضریب تصحیح شده تبیین  $R_a^2 = 0/396$  حاصل شده است. ضرایب تعیین شیب خط رگرسیونی برای عرض جغرافیایی  $B = 21/223$ ، طول جغرافیایی  $B = 13/601$  ارتفاع از سطح دریا  $B = 0/281$  و برای فاصله از دریا  $B = 0/296$  با رابطه مثبت و تنها عامل فاصله از کوه با رابطه منفی  $B = -0/255$  محاسبه شده است. آماره  $F = 3/618$  و با سطح معنی داری  $P = 0/024$  حاکی از معنی دار بودن روابط متغیرهاست. شاخص دوربین-واتسون نیز با  $D = 1/789$ ، عدم همبستگی خطاها را بخوبی پاسخگوست. مدل تخمینی و برآورد بارشهای فصل تابستان برای حوضه آبریز قره‌سو به شکل زیر خواهد بود:

$$Y (\ln) = - 128/362 + 21/223 (\ln \text{ عرض جغرافیایی}) + 13/601 (\ln \text{ طول}) \\ + 0/281 (\ln \text{ ارتفاع}) + 0/296 (\ln \text{ فاصله از دریا}) - 0/255 (\ln \text{ فاصله از کوه})$$

نمودار ۵ تطبیق بارشهای مشاهداتی فصل تابستان را با مقادیر تخمینی از طریق مدل مذکور نشان می‌دهد.



نمودار ۵ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی فصل تابستان حوضه آبریز قره‌سو

#### ۴- نتیجه‌گیری

مقادیر بارش در فصول مختلف در حوضه با یکدیگر متفاوت است. نمودار ۶، تغییرات بارش ایستگاههای حوضه را در چهار فصل سال بخوبی نشان می‌دهد. مشابهت نزدیکی بین دو فصل پاییز و زمستان دیده می‌شود.

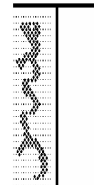




### نمودار ۶ مقایسه بارشهای فصلی ایستگاههای حوضه آبریز قره‌سو

این شباهت نشان دهنده یکسان بودن سیستم هوایی مؤثر در دو فصل سرد سال است؛ در حالی که دو فصل بهار و تابستان اختلاف فاحشی را در دریافت مقادیر بارش به وجود می‌آورند. توزیع احتمالاتی بارشهای فصلی برای ایستگاههای حوضه نیز مؤید همین مطلب است (نمودار ۷).

با توجه به محاسبات انجام گرفته و ضرایب تبیین مدل، اثر عوامل ناحیه‌ای در توزیع مکانی بارش نیز تأیید می‌شود. با فرض اینکه عوارض توپوگرافیک و ناحیه‌ای در سطح حوضه همگون و یکنواخت بود، مقادیر بارش دریافتی نیز می‌توانست یکسان باشد. اما هم داده‌های مشاهداتی ایستگاههای حوضه و هم مدلهای نهایی بارش نیز که در واقع بر اساس عوامل ناحیه‌ای ایجاد شده‌اند، بیانگر تفاوت بارشهای محاسباتی در موقعیتهای مکانی مختلف است.

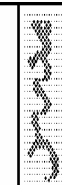


#### نمودار ۷ توزیع احتمالاتی بارشهای فصلی حوضه آبریز قره‌سو

نمودارهای ۱ تا ۵ که نشان دهنده تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی به صورت سالیانه و فصلی هستند بازگویی تغییرات مقادیر بارش در مکانهای مختلف است.

همبستگی مقادیر بارشهای ایستگاهها در ارتباط با عوامل جغرافیایی مانند طول و عرض جغرافیایی نیز روابط مثبت به وجود می‌آورد. همچنان که در جداول و مدلها نیز آورده شده است، به عنوان مثال متغیر طول جغرافیایی با بارش رابطه مستقیم دارد یا عرض جغرافیایی و ... نیز همینطور است. از عوامل جغرافیایی مذکور تنها متغیر فاصله از کوه در تخمین بارشهای سالیانه و فصلی رابطه عکس را نشان می‌دهد. این امر، نقش ارتفاعات حوضه را در جذب رطوبت بخوبی نشان می‌دهد. از پنج متغیر فوق و به صورت استثنا، متغیر فاصله از دریا تنها در تخمین بارشهای فصل پاییز رابطه عکس دارد؛ یعنی در فصل پاییز، کاهش فاصله ایستگاهها از دریای خزر، موجب افزایش بارش دریافتی خواهد بود. بر این اساس، بخش شرقی حوضه آبریز قره‌سو به جهت مجاورت با حوضه خزر و نقش ترمودینامیک دریا در شروع فصل سرد سال به همراه جهت جریان سیستم هوایی سیبری، موجب هدایت و تامین رطوبت شرق حوضه خواهد شد؛ در حالی که این متغیر برای فصول دیگر مانند سایر متغیرها - بجز فاصله از کوه - رابطه مثبت به خود می‌گیرد. این نکته نیز خود دلیل بر اثر عوامل ناحیه‌ای در توزیع بارش خواهد بود.

در فرض تحقیق که امکان‌سنجی تعمیم بارشهای نقطه‌ای به سطح حوضه مطرح بود. بر

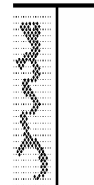




اساس موارد و توضیحات بالا و محاسبات انجام گرفته، این فرض مورد تأیید قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، در مدل‌های ارائه شده برای تخمین بارش‌های سالیانه و فصلی، از داده‌ها و مقادیر بارشی میانگین ایستگاه‌های حوضه استفاده شده است. در عین حال، نتایج استفاده از مدل و تخمین بارش‌های سالیانه و فصلی در مقایسه و تطبیق با بارش‌های مشاهداتی و واقعی (نمودارهای ۱ تا ۵) مشابهت خیلی خوبی را نشان می‌دهند. پس می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از داده‌های نقطه‌ای متعدد در تخمین بارش‌های سطحی حوضه آبریز قره‌سو قابل اعتماد است. همچنان که در این نمودارها دیده می‌شود، در برآورد و تخمین بارش‌های سالیانه و فصلی حوضه، آن دسته از ایستگاه‌های باران سنجی که از مقادیر بارشی متمایزتری نسبت به دیگر ایستگاهها برخوردار بوده‌اند، مقادیر بارش تخمینی آنها نیز اختلاف زیادی به وجود آورده است. این امر بویژه در تطبیق بارش‌های مشاهداتی و تخمینی ایستگاههایی که بارش آنها نسبت به متوسط بارش حوضه، اختلاف زیادی داشته و از بارش بالایی برخوردار هستند، بیشتر به چشم می‌خورد. مانند ایستگاه‌های اورنگ و آلاذیز در همه مقاطع زمانی مورد مطالعه و سریعین و کلور (بجز در تابستان) و ورزقان برای فصل تابستان. به نظر می‌رسد اختلاف محسوس بارش‌های مشاهداتی و تخمینی ایستگاه‌های مذکور (بجز سریعین و کلور) می‌تواند مربوط به دوره آماری کوتاه ثبت شده آنها و تطویل آماری باشد. با وجود این، استفاده از مدل‌بندی بارش موجب تعدیل داده‌های تخمینی ایستگاه‌های حوضه شده است.

## ۵- منابع

- [۱] حاتمی مرزوق، غلامرضا، «بررسی تغییرات مکانی بارش و مقایسه روش‌های محاسبه بارش منطقه‌ای در بالادست حوضه آبریز قره‌سو» پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری، دانشگاه تبریز، ۱۳۷۹.
- [۲] موحد دانش، علی اصغر، «هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران»، انتشارات سمت، ۱۳۷۳.
- [3] Goovaert, Pierre, "Performance Comparison of Geostatistical Algorithms for Incorporating Elevation into the Mapping of Precipitation", *Geo Computation* 99, 1999.
- [4] Egado, A., Egado, M. Seco, J. and Garmendia, J., "Quantitative Relationships of Mean Seasonal Precipitation in the Tagus River basin (Spain)", *International*



*Journal of Climatology*, Vol.11,205-212, 1991.

- [5] رضایی بنفشه، مجید، «هیدرولوژی و ژئومورفولوژی کمی حوضه آبریز قره‌سو»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۶۷.
- [6] علیزاده، امین و همکاران، «هوا و اقلیم‌شناسی»، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد، ۱۳۷۴.
- [7] بی‌نام، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ اردبیل، تبریز، میانه، انزلی، اهر و اصلاندوز، سازمان جغرافیایی ارتش.
- [8] SPSS Inc., Softwear, 1999.
- [9] هومن، حیدرعلی، «تحلیل داده‌های چند متغیری در پژوهش رفتاری»، نشر پارسا، ۱۳۸۰.
- [10] پاکوهی، مجید، «اقتصاد کشاورزی» انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۷۹.
- [11] Durbin, J. & Watson, G.S., "Testing for Serial Correlation in Least Square Regression II". *Biometrika*, 38,159-178. 1951.

