تحلیل و مدل‌بندی بارش در حوضه آبریز قره‌سو

مجید رضایی بنفشه[1]، عبدالحمید رجایی اصل[2]

۱ـ دانشجوی دکترا، دانشگاه تبریز

۲ـ استاد دانشگاه تبریز

چکیده

براورد 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[1] ۶۹ تا ۸۲ درصد در تبیین عوامل جغرافیایی محلی (زمین- اقلیم)[2] در براورد بارشهای سالیانه و فصلی حوضه، نشانه خوبی از اهمیت پردازش آماری در مطالعات اقلیمی و استفاده از داده‌های زمین ـ اقلیم است . در مطالعهٔ 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[3]، زمین- اقلیم.

۱- مقدمه

بارش، اولین بردار در کلیه مطالعات و محاسبات مربوط به منابع آب و بهره برداری از آن است. محاسبهٔ 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-Climate
3. Geostatistic

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

می‌شود .

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

مقایسهٔ بارش میانگین ایران (۲۲٤/٥ میلی‌متر) [۲] با بارش کره زمین (۸۲۰ میلی‌متر)، لزوم توجه و اهمیت تحقیق و پژوهشهای مطالعاتی منابع آب کشور را نشان می‌دهد. لازمهٔ طراحی و مدیریت هرگونه برنامه‌ریزی کلان در منطقه و بهره‌برداریهای اندیشمندانه از آن، توجه جدی به مطالعهٔ دقیق همهٔ سطح زمین در یک منطقه است و این امر مستلزم صرف هزینهٔ هنگفت و وقت طولانی خواهد بود . براورد 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 درکوتاه 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 می کند.

بارش، مجموعه‌ای از نزولات جوی است که در نتیجهٔ تبخیر از سطوح مختلف آبها ، خاکهای مرطوب وتبخیر وتعرق 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 براورد بارشها، استفاده از تکنیکهای پیش‌بینی زمین آماری، نتیجه بهتری نسبت به روشهای قراردادی معمول به دست می‌دهد [۳]. اقیدو(۱۹۹۰) نیز با این روش برای حوضهٔ تاگوس دراسپانیا به نتایج خوبی دست یافته است[٤]. در مطالعهٔ حاضر

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

نیز بدون توجه به عوامل سینوپتیک و جوی، سعی در مدل‌بندی بارش حوضهٔ 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:

ـ مقادیر بارش چند نقطهٔ پراکنده در سطح حوضه را می‌توان به سطح حوضه تعمیم داد .

۲- مواد و روش تحقیق

حوضه آبریز قره‌سو به وسعت ۱٤۱٦۱ کیلومتر مربع، در طول جغرافیایی ´ ۲۰ °٤٦ تا ´ ٤۱ °٤۸ و عرض جغرافیایی ´ ٤۷ °۳۷ تا ´ ۱۷ °۳۹ شمالی ، ۲۱ درصد از مساحت دو استان آذربایجان شرقی و اردبیل را در برمی‌گیرد [٥] 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 براورد 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 ٥۱ سال) برای برخی از ایستگاهها و حداقل دوره آماری ۷ سال برای برخی دیگر از ایستگاههای باران سنجی جدید مورد مطالعه قرار گرفته است. جدول ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاهها و پارامترهای آماری محاسباتی را نشان می‌هد.

در استفاده از داده‌های آماری، ابتدا کلیه داده‌های بارش روزانه و بر اساس سال زراعی ردیف شده اند. داده‌های سازمان هواشناسی (بر اساس سال میلادی) و وزارت نیرو (براساس سال زراعی) منطبق با تقویم سال شمسی ـ زراعی حتی با دقت و در نظر گرفتن سالهای کبیسه، تنظیم گردیده است. میانگین بارشهای روزانه برای هر ماه و فصل و در

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

[٦] استفاده شده است. همچنین جهت تکمیل داده‌های ایستگاههای فرعی و نـواقص آمـاری از

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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 ـ کولموگروف[1] استفاده شد و طبق جدول ۲ طبیعی بودن توزیع آماری مورد تأیید قرار گرفت.

1. Kolmogrov-Smirnov Test

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

جدول ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاهها و آماره‌های مورد استفاده

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

جدول ۲ نتایج آزمون کولموگروف ـ اسمیرنوف

متغیرها	تابستان	بهار	زمستان	پاییز	سالیانه
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 – سمیرنوف	۰/۷۴۴	۰/۷۶۷	۰/۹۲۲	۰/۹۶۲	۰/۷۸۴
معنی‌داری	۰/۶۳۷	۰/۵۹۸	۰/۳۶۳	۰/۳۱۳	۰/۵۷۰

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

ـ عرض جغرافیایی: پراکنش مقادیر بارش در جهت شمال و جنوب حوضه چگونه است؟

ـ طول جغرافیایی: بویژه نقش منابع رطوبتی و دریاهای مدیترانه و سیاه و یا اقیانوس اطلس در غرب حوضه چگونه است؟ و یا پراکنش بارش در جهت طول جغرافیایی ایستگاهها چگونه است؟

ـ ارتفاع از سطح دریا،

ـ فاصله از کوه ، به ویژه کوههای ۳۰۰۰ متر و بیشتر (نقشه ۲)،

شاخصهای آماری شاخصهای آماری

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

نقشه ۲ توپوگرافی حوضه و فاصله ایستگاهها از ارتفاعات ۳۰۰۰ متری

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

ـ 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 ´ ٤٥ ° ٤٨ شرقی نیز روی دریای خزر برای محاسبهٔ فاصلهٔ نزدیکترین دریا و نقش رطوبتی آن در نظر گرفته شده است.

در ارتباط با متغیر فاصله از کوه نیز بدون درنظر 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[1] 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 مدل‌بندی و تخمین بارشهای سالیانه و فصلی در تابع رگرسیونی چند متغیرهٔ کاب داگلاس[2] [۱۰] برازش خوبی دارد . فرم خطی تابع رگرسیونی چند متغیره به شکل زیر است:

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

1. Unwise
2. Cobe Douglas

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

در صورتی که به جای داده‌های واقعی متغیرهای مستقل و وابسته ، از Ln (لگاریتم نپرین) داده‌ها استفاده شود، در حقیقت، تابع رگرسیون چند متغیرهٔ 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_n ضرایب هر کدام از متغیرهای مستقل، و بالاخره X_1 و X_2 و ... X_k 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[1] 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 ـ واتسون[2] [۱۱] برای سنجش میزان خود همبستگی خطاها استفاده شد.

در صورتی که D (شاخص دوربین ـ واتسون) بین ۱/۵ تا ۲/۵ قرار گیرد (۱/۵?D? ۲/۵)، نشانهٔ 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، ٤، ٥، ٦ و ۷ ملاحظه می‌شود مقادیر آماره‌های F و سطوح معنی‌داری آن (P) نیز رابطهٔ 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

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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

آزمون دوربین واتسون	اشتباه معیار	ضریب تبیین اصلاح شده	ضریب تبیین	ضریب رگرسیون
۲/۰۳۲	۰/۱۸٤۲	۰/۵۰۰	۰/٦۲۵	۰/۷۹۱

آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

متغیرها	Sig. F	F	میانگین مجذورات	مجموع مجذورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰۰۷	۵/۰۰۳	۰/۱۷۰	۰/۸٤۹	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		٤۳/۳۵۰	-۱۲۲/٦۱۲
عرض جغرافیایی	۰/۰۲۳	۲/۵۳۸	۰/۸۲۰	۹/۷۲۹	۲٤/٦۹٦
طول جغرافیایی	۰/۰۲۹	۲/٤۲۳	۰/٤۷۲	۳/۷٦۲	۹/۱۱۵
ارتفاع از دریا	۰/۰۱٤	۲/۷۷۷	۰/۸٤۹	۰/۱۷۳	۰/٤۸۰
فاصله از کوه	۰/۰٦٦	-۱/۹۸۰	-۰/٤۲٤	۰/۱۱٤	-۰/۲۲٦
فاصله از دریا	۰/۱۱۵	۱/٤۲۳	۰/۲۷۲	۰/۰۷۸	-۰/۱۱۱

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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

آزمون دوربین واتسون	اشتباه معیار	ضریب تبیین اصلاح شده	ضریب تبیین	ضریب رگرسیون
۲/۱۱۲	۰/۲۲۸۰	۰/۳۰۱	۰/٤۷٦	۰/٦۹۰

آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

شاخص آماری	Sig. F	F	میانگین مجذورات	مجموع مجذورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰٦۱	۲/۷۲۲	۰/۱٤۱	۰/۷۰۷	٥
باقیمانده			۰/۰٥۱۹	۰/۷۸۰	۱٥
جمع				۱/٤۸۷	۲۰

متغیرهای داخل مدل رگرسیونی

متغیر	Sig. T	T	Beta	خطای استاندارد B	B
(مستقل)	۰/۰۳۳	-۲/۳٥٦	-	٥۳/٦٦۱	-۱۲٦/٤۰۸
عرض جغرافیایی	۰/۰٤٥	۲/۱۹۰	۰/۸۳٦	۱۲/٦۱۳	۲٦/۳۷۸
طول جغرافیایی	۰/۰۹۷	۱/۷٦۸	۰/٤۰۷	٤/٦٥۷	۸/۲۳٤
ارتفاع	۰/۰٤٥	۲/۱۸٤	۰/۷۸۹	۰/۲۱٤	۰/٤٦۷
فاصله از کوه	۰/۱٥۸	-۱/٤۸٦	-۰/۳۷۷	۰/۱٤۱	-۰/۲۱۰
فاصله از دریا	۰/۱٦٥	۰/٤٤۲	۰/۱۰۰	۰/۰۹۷	-۰/۰٤۲۷

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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

آزمون دوربین واتسون	اشتباه معیار	ضریب تبیین اصلاح شده	ضریب تبیین	ضریب رگرسیون
۲/۰۷۳	۰/۲۲۷۷	۰/۵۵۳	۰/٦٦٤	۰/۸۱۵

آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

شاخص آماری	Sig. F	F	میانگین مجذورات	مجموع مجذورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰۰۳	۵/۹۳۹	۰/۳۰۸	۱/۵۳۹	۵
باقیمانده			۰/۰۵۱۸	۰/۷۷۷	۱۵
جمع				۲/۳۱٦	۲۰

متغیرهای داخل مدل رگرسیونی

متغیر	Sig. T	T	Beta	خطای استاندارد B	B
(مستقل)	۰/۰۰۸	-۳/۰۳۹	-	۵۳/۵۸۲	-۱٦۲/۸۲۳
عرض جغرافیایی	۰/۰۲۰	۲/۵۹۸	۰/۷۹٤	۱۲/۰۲٦	۳۱/۲٤۵
طول جغرافیایی	۰/۰۱۵	۲/۷۳۱	۰/۵۰۳	٤/٦۵۰	۱۲/٦۹٦
ارتفاع	۰/۰۰۹	۳/۰۰۲	۰/۸٦۸	۰/۲۱٤	۰/٦٤۲
فاصله از کوه	۰/۰٦۱	-۲/۰۲۲	-۰/٤۱۰	۰/۱٤۱	-۰/۲۸۵
فاصله از دریا	۰/۱۳۹	۱/۲۲۸	۰/۲۲۲	۰/۰۹۷	۰/۱۱۹

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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

آزمون دوربین واتسون	اشتباه معیار	ضریب تبیین اصلاح شده	ضریب تبیین	ضریب رگرسیون
۲/۱۰۷	۰/۱۶۳٤	۰/۵۱۰	۰/٦۳۲	۰/۷۹۵

آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

شاخص آماری	Sig. F	F	میانگین مجذورات	مجموع مجذورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰۰٦	۵/۱۵۵	۰/۱۳۸	۰/٦۸۸	۵
باقیمانده			۰/۰۲٦۷	۰/٤۰۰	۱۵
جمع				۱/۰۸۹	۲۰

متغیرهای داخل مدل رگرسیونی

متغیر	Sig. T	T	Beta	خطای استاندارد B	B
(مستقل)	۰/۰۲٦	-۲/٤٦۱	-	۳۸/٤۵۸	-۹٤/٦۳۳
عرض جغرافیایی	۰/۰۳۳	۲/۳٤۲	۰/۷٤۹	۸/٦۳۱	۲۰/۲۱۷
طول جغرافیایی	۰/۰۹۸	۱/۷٦۲	۰/۳٤۰	۳/۳۳۷	۵/۸۸۲
ارتفاع	۰/۰۰۹	۳/۰۱٤	۰/۹۱۲	۰/۱۵۳	۰/٤٦۲
فاصله از کوه	۰/۰۷۷	-۱/۸۹٦	-۰/٤۰۲	۰/۱۰۱	-۰/۱۹۲
فاصله از دریا	۰/۲۰۸	۱/۰۷۸	۰/۲۰٤	۰/۰٦۹	۰/۰۷٤

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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

آزمون دوربین واتسون	اشتباه معیار	ضریب تبیین اصلاح شده	ضریب تبیین	ضریب رگرسیون
۱/۷۸۹	۰/۲٤٤٥	۰/۳۹٦	۰/٥٤۷	۰/۷۳۹

آزمون تجزیه واریانس برای سنجش رابطه خطی متغیرهای مستقل و وابسته

شاخص آماری	Sig. F	F	میانگین مجذورات	مجموع مجذورات	درجه آزادی
رگرسیون	۰/۰۲٤	۳/٦۱۸	۰/۲۱٦	۱/۰۸۲	٥
باقیمانده			۰/۰٥۹	۰/۸۹۷	۱٥
جمع				۱/۹۷۹	۲۰

متغیرهای داخل مدل رگرسیونی

متغیر	Sig. T	T	Beta	خطای استاندارد B	B
(مستقل)	۰/۰٤۱	-۲/۲۳۰	-	٥۷/٥٥۸	-۱۲۸/۳٦۲
عرض جغرافیایی	۰/۱۲۱	۱/٦٤۳	۰/٥۸۳	۱۲/۹۱۸	۲۱/۲۲۳
طول جغرافیایی	۰/۰۱٦	۲/۷۲۳	۰/٥۸۳	٤/۹۹٥	۱۳/٦۰۱
ارتفاع	۰/۲٤۰	۱/۲۲۳	۰/٤۱۱	۰/۲۳۰	۰/۲۸۱
فاصله از کوه	۰/۱۱۲	-۱/٦۸۸	-۰/۳۹۸	۰/۱٥۱	-۰/۲٥٥
فاصله از دریا	۰/۰۱۲	۲/۸٥۸	۰/٦۰۰	۰/۱۰٤	۰/۲۹٦

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

تحلیل رگرسیون 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، ٤ و ٥) بوضوح دیده می‌شود.

۳- تحلیل و مدل‌بندی بارش

۳-۱- مدل بارش سالیانه

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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 = ۰/۷۹۱ و ضریب تبیین R^2 = ۰/٦۲٥ و همچنین ضریب تعدیل شده و خالص R^2_a = ۰/٥۰۰ به دست آمد که نشان می‌دهد ٥۰ درصد از تغییرات مقادیر بارش سالیانه با متغیرهای مستقل پنجگانه حوضه تبیین می‌شود. مقدار آمارهٔ F = ٥/۰۰۳ و P= ۰/۰۰۷ به دست آمد که نشانهٔ معنی‌دار بودن رابطهٔ متغیرها و بالا بودن سطح اطمینان است .

در تبیین مدل بارش سالیانه حوضه ، متغیرهای عرض جغرافیایی با B = ۲٤/٦۹٦، طول جغرافیایی با B = ۹/۱۱٥، ارتفاع از سطح دریا با B = ۰/٤۸۰، فاصله از کوه با B = -۰/۲۲۸ و سرانجام فاصله از دریا با B = ۰/۱۱۱ به ترتیب مهمترین ضرایب رگرسیونی یا شیب خط برای هر یک از متغیرها را نشان می‌دهد.

آمارهٔ دوربین- واتسون نیز D = ۲/۰۳۲ است که عدم همبستگی خطاها در این مدل را نشان می‌دهد. پس مدل بارش سالیانه حوضه به شکل زیر خواهد بود:

Y(ln)(لگاریتم نپرین بارش سالیانه) = -۱۲۲/٦۱۲+۲٤/۹٦۹(ln عرض‌جغرافیایی) +۹/۱۱٥(ln طول جغرافیایی)
+ ۰/٤۸۰ (ln ارتفاع) + ۰/۱۱۱ (ln فاصله از دریا)
− ۰/۲۲٦ (ln فاصله از کوه)

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

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

نمودار ۱ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی سالیانه حوضه آبریز قره‌سو

۳-۲- مدل بارش فصل پاییز

بر اساس متغیرهای مستقل مذکور در تخمین مقادیر بارشی فصل پاییز، طبق جدول ٤، ضریب رگرسیونی چند متغیره R = ۰/٦۹۰، ضریب تبیین یا مجذور ضریب همبستگی R^2= ۰/٤۷٦، ضریب تبیین خالص و اصلاح شده R^2_a = ۰/۳۰۱ حاصل شد . مقادیر آمارهٔ F = ۲/۷۲۲ و P= ۰/۰٦۱ به دست آمد که بیانگر ضعف نسبی سطح اطمینان (۹٤ درصد) است. عدد دوربین – واتسون D = ۲/۱۱۲ است که مانند بارش سالیانه، نشان دهندهٔ عدم خود همبستگی خطاها در مدل است. در تبیین و تخمین بارشهای فصل پاییز حوضه ، متغیرهای عرض جغرافیایی با B = ۲٦/۳۷۸، طول جغرافیایی با B = ۸/۲۳٤، ارتفاع از سطح دریا با B = ۰/٤٦۷، فاصله از کوه B = -۰/۲۱۰ و سرانجام فاصله از دریا با B = - ۰/۰٤۲ 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

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

تأثیر را ـ به صورت مثبت ـ 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 رابطهٔ 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.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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 = ۰/۸۱۵، ضریب تبیین و یا مجذور ضریب R^2= ۰/٦٦٤ و همچنین ضریب استانداردشده معادل R^2_a= ۰/۵۵۳ را به دست داد (جدول ۵). در برآورد بارش فصل زمستان، متغیر عرض جغرافیایی با ضریب ثابت B = ۳۱/۲٤۵، طول جغرافیایی با B=۱۲/٦۹٦، ارتفاع از سطح دریا با B = ۰/٦٤۲، فاصله از کوه با B = -۰/۲۸۵ و دست آخر فاصله از دریا با B = ۰/۱۱۹ در مراتب بعدی تعیین شیب خط رگرسیون قرار می‌گیرند . با توجه به بتای استاندارد شدهٔ ضرایب نیز تنها فاصله از کوه با ضریب ۰/۲۸۵- در مرتبهٔ سوم اهمیت و رابطهٔ معکوس قرار می‌گیرد .

مقادیر آمارهٔ F = ۵/۹۳۹ و P = ۰/۰۰۳ رابطهٔ معنی‌داری را بین متغیرها نشان می‌دهد. شاخص دوربین D = ۲/۰۷۳ است که عدم همبستگی خطاها را در تبیین مدل نشان می‌دهد. مدل نهایی بارش فصل زمستان به شکل زیر درمی‌آید:

Y(ln) = - ۱٦۲/۸۲۳ + ۳۱/۲٤۵ (ln عرض جغرافیایی) +۱۲/٦۹٦(ln طول جغرافیایی) +۰/٦٤۲ (ln ارتفاع) + ۰/۱۱۹ (ln فاصله از دریا) - ۰/۲۸۵ (ln فاصله از کوه)

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

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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

۳-۴- مدل بارش فصل بهار

متغیر وابستهٔ بارش بهار نیز در ارتباط با متغیرهای مستقل ناحیه‌ای، ضریب رگرسیون چند متغیره را معادل R = ۰/۷۹۵، ضریب تبیین را R^2= ۰/۶۳۲ و ضریب تبیین اصلاح شده را R^2_a= ۰/۵۱۰ 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 = ۲۰/۲۱۷، طول جغرافیایی با B = ۵/۸۸۲، ارتفاع از سطح دریا با B =۰/۴۶۲ و فاصله از دریا با B = ۰/۰۷۴ با روابط مثبت و بالاخره عامل فاصله از کوه با B = - ۰/۱۹۲ در مرتبه آخر و رابطه منفی قرار می‌گیرد. مقادیر آمارهٔ F = ۵/۱۵۵ و P = ۰/۰۰۶ سطح معنی‌داری خوبی بین روابط متغیرها را نشان می‌دهد. شاخص دوربین واتسون D = ۲/۱۰۷ نیز عدم خود همبستگی خطاها را تأیید می‌کند. مدل بارش فصل بهار به صورت زیر قابل تبیین است:

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

Y = - ۹٤/٦۳۳ + ۲۰/۲۱۷ (ln عرض جغرافیا) + ۵/۸۸۲ (ln طول جغرافیا) + ۰/٤٦۲ (ln ارتفاع)
+ ۰/۰۷٤ (ln فاصله از دریا) – ۰/۱۹۲ (ln فاصله از کوه)

جهت تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی فصل بهار با استفاده از مدل به نمودار ٤ مراجعه شود .

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

۳-۵- مدل بارش فصل تابستان

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

در تخمین مدل بارش فصل تابستان ضرایب همبستگی چند متغیره R = ۰/۷۳۹ و R^2 =۰/٥٤٧ و بالاخره ضریب تصحیح شدهٔ تبیین R^2_a= ۰/۳۹٦ حاصل شده است. ضرایب تعیین شیب خط رگرسیونی برای عرض جغرافیایی B = ۲۱/۲۲۳، طول جغرافیایی B =۱۳/٦۰۱ ارتفاع از سطح دریا B =۰/۲۸۱ و برای فاصله از دریا B = ۰/۲۹٦ با رابطهٔ مثبت و تنها عامل فاصله از کوه با رابطهٔ منفی B= - ۰/۲٥٥ محاسبه شده است. آمارهٔ F= ۳/٦۱۸ و با سطح معنی‌داری P = ۰/۰۲٤ حاکی از معنی‌دار بودن روابط متغیرهاست. شاخص دوربین-واتسون نیز با D = ۱/۷۸۹، عدم همبستگی خطاها را بخوبی پاسخگوست. مدل تخمینی و براورد بارشهای فصل تابستان برای حوضهٔ آبریز قره‌سو به شکل زیر خواهد بود:

Y (ln) = - ۱۲۸/۳٦۲ + ۲۱/۲۲۳ (عرض جغرافیایی ln) + ۱۳/٦۰۱ (طول ln)
+ ۰/۲۸۱ (ارتفاع ln) + ۰/۲۹٦ (فاصله از دریا ln) – ۰/۲٥٥ (فاصله از کوه ln)

نمودار ٥ تطبیق بارشهای مشاهداتی فصل تابستان را با مقادیر تخمینی از طریق مدل مذکور نشان می‌دهد .

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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 ٦ ، تغییرات بارش ایستگاههای حوضه را در چهار فصل سال بخوبی نشان می‌دهد. مشابهت نزدیکی بین دو فصل پاییز و زمستان دیده می‌شود.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

نمودار ۶ مقایسه بارشهای فصلی ایستگاههای حوضه آبریز قره‌سو

این شباهت نشان دهندهٔ 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 می توانست 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.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

نمودار ۷ توزیع احتمالاتی بارشهای فصلی حوزه آبریز قره‌سو

نمودارهای ۱ تا ۵ که نشان دهندهٔ تطبیق بارشهای مشاهداتی و تخمینی به صورت سالیانه و فصلی هستند بازگوی 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 رابطهٔ 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 رابطهٔ عکس دارد؛ یعنی در فصل پاییز، کاهش فاصلهٔ ایستگاهها از دریای خزر ،موجب افزایش بارش دریافتی خواهد بود. بر این اساس، بخش شرقی حوضهٔ آبریز قره‌سو به جهت مجاورت با حوضهٔ 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 ـ بجز فاصله از کوه ـ رابطهٔ مثبت به خود می‌گیرد . این نکته نیز خود دلیل بر اثر عوامل ناحیه‌ای درتوزیع بارش خواهد بود.

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

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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 حوضهٔ آبریز قره‌سو قابل اعتماد است. همچنان که در این نمودارها دیده می‌شود، در براورد 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 آلادیز در همهٔ مقاطع زمانی مورد مطالعه و سرعین و کلور(بجز در تابستان) و ورزقان برای فصل تابستان. به نظر می رسد اختلاف محسوس بارشهای مشاهداتی و تخمینی ایستگاههای مذکور (بجز سرعین و کلور) می‌تواند مربوط به دورهٔ آماری کوتاه ثبت شدهٔ آنها وتطویل 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] Egido, A., Egido, M. Seco, J. and Garmendia, J.,"Quantitative Relationships of Mean Seasonal Precipitation in the Tagus River basin (Spain)", *International*

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]

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

[٥] رضایی بنفشه، مجید، «هیدرولوژی و ژئومورفولوژی کمی حوضه آبریز قره‌سو»، *پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس*، ١٣٦٧.

[٦] علیزاده، امین و همکاران، «هوا و اقلیم‌شناسی»، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد، ١٣٧٤.

[٧] بی‌نام ، نقشه‌های توپوگرافی ١:٢٥٠٠٠٠ اردبیل، تبریز، میانه، انزلی، اهر و اصلاندوز، سازمان جغرافیایی ارتش.

[8] SPSS Inc., Softwear, 1999.

[٩] هومن، حیدرعلی، «تحلیل داده‌های چند متغیری در پژوهش رفتاری»، نشر پارسا، ١٣٨٠.

[١٠] پاکوهی، مجید، « اقتصاد کشاورزی» انتشارات دانشگاه تهران، ١٣٧٩.

[11] Durbin, J. & Watson, G.S., "Testing for Serial Correlation in Least Square Regression II".*Biometrika*, 38,159-178. 1951.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-05-09]