

هیدروژئومورفولوژی، شماره ۴، پاییز ۱۳۹۴، صص ۱۴۲-۱۲۵

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۰۵/۰۳ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۴/۰۸/۱۲

## بررسی روابط مکانی - زمانی بار رسوب معلق با بارش حوضه (مطالعه موردی: حوضه‌ی آبریز قره‌سو)

فریبا اسفندیاری<sup>۱\*</sup>

مرتضی قراچورلو<sup>۲</sup>

### چکیده

تحقیق حاضر با هدف تشخیص و تعیین تغییرات زمانی - مکانی رسوب‌دهی در حوضه‌ی آبریز قره‌سو واقع در استان اردبیل انجام شده است. به منظور آرایه‌ی مدلی برآوردی از بار رسوبی زیرحوضه‌های مورد نظر، روابط زمانی - مکانی رسوب‌دهی با بارش حوضه مورد آزمون قرار گرفت. برای انجام این تحقیق از داده‌های ۶ ایستگاه باران‌سنجی و هیدرومتری طی یک دوره ۲۲ ساله استفاده گردید. روش تحقیق مبتنی بر تحلیل‌های آماری رگرسیونی بین متغیرهای بارش و بار رسوبی در محیط نرم‌افزار SPSS و همچنین تحلیل تغییرات زمانی متغیرهای بارش و رسوب در محیط نرم‌افزار Excel بود. نتایج اولیه از روابط زمانی بار رسوبی و بارش زیرحوضه‌ها، حاکی از رابطه قوی‌تر دو متغیر در مقیاس درون‌سالی نسبت به مقیاس بین‌سالی بود. در بعد تغییرات بین‌سالی، تنها ایستگاه هیر با روند افزایشی بار رسوب مواجه بود، در حالی که ۴ ایستگاه دیگر در میزان بارش سالانه روند افزایشی داشته‌اند. نتایج حاصل از تحلیل‌های رگرسیونی، نشان‌دهنده‌ی همبستگی ضعیف متغیر بارش با رسوب‌دهی ایستگاه‌ها در مقیاس بین‌سالی و در مقابل روابط خوب آنها در مقیاس درون‌سالی بود. در این میان شاخص فورنیه به عنوان شاخص فصلی بارندگی توانست ۶۵٪ واریانس رسوب‌دهی ویژه در حوضه مورد مطالعه را تبیین نماید. از اینرو، شاخص مزبور می‌تواند به عنوان یک شاخص فرساینده‌ی بارش کارآمد در برآورد رسوب‌دهی ویژه در حوضه مورد مطالعه بکار گرفته شود.

**واژه‌های کلیدی:** رسوب‌دهی؛ بارش؛ روابط مکانی - زمانی؛ تحلیل رگرسیونی؛ حوضه قره‌سو

---

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول).

Email: esfandyari@uma.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی.

## مقدمه

پدیده‌ی فرسایش خاک و انتقال رسوب، مسایل و مشکلات زیادی در یک قرن اخیر برای جامعه بشری به وجود آورده است (شعبانی و همکاران، ۱۳۸۶: ۷۶۰). برآوردها نشان می‌دهد که سالانه حدود ۰/۵ تا ۵ درصد از ظرفیت ذخیره‌ی سدهای جهان به واسطه‌ی ته نشست رسوب در حال کاهش است (ورستراتن و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳: ۳۲۸). کشور ما نیز از عواقب زیانبار این پدیده مصون نبوده و سالانه حدود ۲ میلیارد تن از خاک‌های حاصل خیز زراعی و مرتعی، در اثر بهره‌برداری نادرست و بارندگی شسته شده، از بین می‌رود (رنجبر، ۱۳۸۸: ۲۱). همچنین سالانه بیش از ۱۰۰ میلیون مترمکعب از گنجایش مفید سدها بر اثر انباشته‌شدن رسوبات کاسته می‌شود (موسوی و همکاران، ۱۳۸۵: ۷۷). با توجه به این مسائل ناگوار و دیگر آثار محیطی برخاسته از پدیده مزبور، برآورد بار رسوب در بسیاری از زمینه‌ها از جمله بررسی‌های ژئومورفولوژیکی فرسایش، رسوب‌گذاری مخازن، طراحی مخازن و سدها، برنامه‌ریزی حفاظت خاک و آب، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و مشکلات مواد مغذی و آلودگی‌های همراه رسوب لازم و ضروری است (خان‌چول و جانسون<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸: ۲۷۷؛ بونیا و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۶۹۸). در حال حاضر علیرغم توسعه یک سلسله معادلات فیزیکی فرسایش خاک و انتقال رسوب، پیش‌بینی رسوب‌دهی در مقیاس منطقه‌ای عمدتاً از راه مدل‌های ساده‌ی تجربی (رگرسیون) حاصل می‌شود (ورستراتن و همکاران، ۲۰۰۳: ۳۲۸؛ رامپی<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵: ۱۵۸). مدل‌های رگرسیونی تغییرات فضایی رسوب‌دهی سالانه را با خصوصیات فیزیوگرافی و اقلیمی حوضه مرتبط می‌سازند (جین و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۳: ۳۸۳). مروری بر مطالعات انجام یافته در خصوص روابط میان عوامل اقلیمی و رسوب‌دهی در حوضه‌های آبخیز نشان می‌دهد که از میان عوامل اقلیمی دخیل در برآورد بار رسوبی رودخانه‌ها، فاکتور بارندگی متوسط سالانه در بیشتر موارد همبستگی ضعیفی با بار رسوب معلق داشته و به مدل بهینه نهایی برآورد رسوب راه نیافته است. این نتیجه در کارهای ورستراتن و همکاران، ۲۰۰۳؛ تمین و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۰۶؛ گروسو و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۸؛ حبیب‌نژاد و همکاران، ۲۰۱۰؛ قدیمی عروس‌محله و سبحانی، ۱۳۷۸؛ همتی و همکاران، ۱۳۸۰ (حوضه آبخیز مرکزی مازندران)؛ صادقی و همکاران، ۱۳۸۵؛ خدانشناس و همکاران، ۱۳۸۷؛ خوش‌رفتار و مازینی، ۱۳۹۰ نیز مشاهده می‌شود. در مقابل، محققانی چون فرارسی و همکاران (۱۹۹۰)؛ هیکس و همکاران<sup>۷</sup> (۱۹۹۶)؛ جین و همکاران (۲۰۰۳)؛ میرابوالقاسمی و مرید (۱۳۷۴)؛ حکیم‌خانی (۱۳۷۷) به رابطه‌ی مثبت و معنی‌دار بارندگی

1- Verstraeten, et al.,  
 2- Khanchoul & Jansson  
 3- Rompaey  
 4- Jain, et al.,  
 5- Tammene, et al.,  
 6- Grauso, et al.,  
 7- Hicks, et al.,

متوسط سالانه با رسوبدهی دست یافته‌اند. از طرفی برخی از محققان در مدل‌سازی تغییرات بار رسوبی حوضه‌ها به شاخص‌های دیگر بارندگی روی آورده‌اند، از آن جمله هیکس و همکاران (۱۹۹۶)، به رابطه مثبت و معنی‌دار ضریب تغییرات بارندگی سالانه و شاخص فورنیه با رسوبدهی حوضه‌ی مورد مطالعه اذعان نمودند. رستریو و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۶)، نتیجه گرفتند شاخص فورنیه در مدل توزیع فضایی برآورد رسوب جزو متغیرهای مؤثر است. همتی و همکاران (۱۳۸۰)، به رابطه‌ی مثبت و معنی‌دار شاخص‌های میانگین پربارش‌ترین ماه‌های سال و فورنیه با رسوبدهی ویژه حوضه آبخیز دریاچه ارومیه دست یافتند. جهت برآورد بار رسوبی رودخانه‌ها علاوه بر ارتباط مکانی، آگاهی از رابطه زمانی آن با متغیرهای پیش‌بین نیز ضروری است. در این راستا بابروویستکایا و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۳)، با تحلیل آماری و هیدرولوژیکی تغییرات بلندمدت رسوب معلق در رودخانه‌های بزرگ روسیه به این نتیجه رسیدند که تغییرات زمانی بار رسوب معلق به جای تغییرات اقلیمی بیشتر در ارتباط با فعالیت‌های انسانی از قبیل احداث سد و معدن‌کاری بوده است. یانگ و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۰۴)، (۲۰۰۴)، تغییرات زمانی جریان رسوب معلق در رودخانه یانگ‌تسه را طی قرن بیستم مورد بررسی قرار دادند. طی این مطالعه معلوم گردید که اثرات انسانی به صورت رشد جمعیت و تغییر کاربری‌ها تا دهه ۱۹۶۰ به تدریج بر جریان رسوب افزوده‌اند؛ اما پس از آن موجب کاهش سریع آن گردیده‌اند. گوپتا و چاکراپانی<sup>۴</sup> (۲۰۰۷)، با مطالعه‌ای که در خصوص روند زمانی بار رسوبی رودخانه نارمادا هند در طول سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۰ داشتند، علاوه بر شناسایی سه عامل زمین‌شناسی حوضه، بارش و حضور سدها یا مخازن آب، به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر جریان آب و رسوب معلق، نتیجه گرفتند که کاهش چشمگیر جریان رسوب معلق در رودخانه مزبور ناشی از ساخت سدها و مخازن آب بوده است. دینگ و ریچاردز<sup>۵</sup> (۲۰۰۹)، با هدف رسیدن به یک مدل برآوردی مقدماتی از میزان تولید و تحویل بار رسوبی در حوضه رودخانه زیانشو چین، به طرح سناریوهای مختلف در خصوص اثر وضعیت اقلیمی (سال‌های مرطوب، معتدل، خشک) و عملیات حفاظتی بر دینامیک بار رسوبی طی دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ پرداختند. نتایج حاکی از برآورد کمتر از واقعیت در سال مرطوب و بیشتر از واقعیت در سال خشک داشت. یان و همکاران (۲۰۱۳)، با استفاده از مدل‌سازی هیدرولوژیکی و آمار چندمتغیره، اثرات تغییر کاربری اراضی بر تغییرات بلندمدت جریان آب و رسوبدهی در بالادست حوضه دو واقع در کشور چین را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که از میان انواع کاربری اراضی، تغییرات کاربری‌های زراعی و جنگل بیشترین تأثیر را بر روی تغییرات زمانی رسوبدهی داشته‌اند.

1- Restrepo, et al.,

2-Bobrovistkaya et al.,

3- Yang, et al.,

4- Gupta &amp; Chakrapani

5- Ding &amp; Richards

در تحقیقات داخلی به موضوع تغییرات زمانی بار رسوبی حوضه‌های آبخیز کمتر پرداخته شده است. از جمله میرابوالقاسمی (۱۳۷۳)، به بررسی اثر احداث سد شهید عباسپور روی بار رسوب معلق رودخانه کارون پرداخت. نتایج کار وی بیشتر نشان از اثر کاهنده احداث سد روی میزان رسوب‌دهی و انتقال رسوب در رودخانه‌ی مزبور داشت. وروانی و همکاران (۱۳۸۰)، در بررسی تغییرات ۳۰ ساله رسوب‌دهی در حوضه آبخیز گرگان‌رود، به اثرات برجسته احداث سد و تغییر کاربری اراضی جنگلی بر رسوب‌دهی آبراهه‌ها اشاره داشتند. جواهری و همکاران (۱۳۸۴)، نیز طی مطالعه‌ای در مورد تغییرات رژیم رسوب‌دهی در ایستگاه‌های منتخب رودخانه‌های کارون و دز، ضمن تأکید بر دقت بیشتر روش فازی نسبت به روش رگرسیونی در پایش تغییرات زمانی رسوب‌دهی، به اثرات سدهای احداث شده بر روی این تغییرات اذعان نمودند. نصری و همکاران (۱۳۹۰)، به تحلیل تغییرات زمانی رسوب معلق طی سال‌های ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۳ در حوضه آبخیز مندرجان اصفهان پرداختند. ایشان با اشاره به زیان‌های ناشی از رسوب‌گذاری در مخزن سد زاینده‌رود، به این نتیجه رسیدند که احداث سازه‌های آبی و نیز عملیات آبخیزداری و حفاظت خاک نقش مؤثری در تغییرات زمانی رسوب‌دهی داشته است. به طور کلی نتایج مطالعات مزبور نشان می‌دهد که تغییرات سالانه‌ی رسوب‌دهی و روندهای کاهشی یا افزایشی آن بیشتر از عوامل طبیعی (که در این جا متغیرهای اقلیمی مدنظر ماست)، از فعالیت‌های انسانی متأثر گردیده است. این موضوع در مقیاس جهانی نیز از سوی چاکراپانی (۲۰۰۵) و والینگ (۲۰۰۸) گزارش شده است.

تحقیق حاضر، با توجه به آثار زیانبار رسوب‌دهی و ضرورت آگاهی از تغییرات زمانی - مکانی آن در حوضه‌های آبخیز، با هدف تشخیص و تعیین تغییرات زمانی - مکانی بار رسوبی در ارتباط با یکی از عوامل طبیعی مؤثر بر آن یعنی وضعیت بارشی حوضه، انجام گرفته است. با توجه به احداث سدهای متعدد در حوضه آبریز قره‌سو استان اردبیل و نیز واقع شدن تقریباً نیمی از اراضی مستعد کشاورزی استان در محدوده مذکور، آگاهی از وضعیت فرسایشی و نرخ هدررفت خاک در حوضه مورد نظر ضروری است.

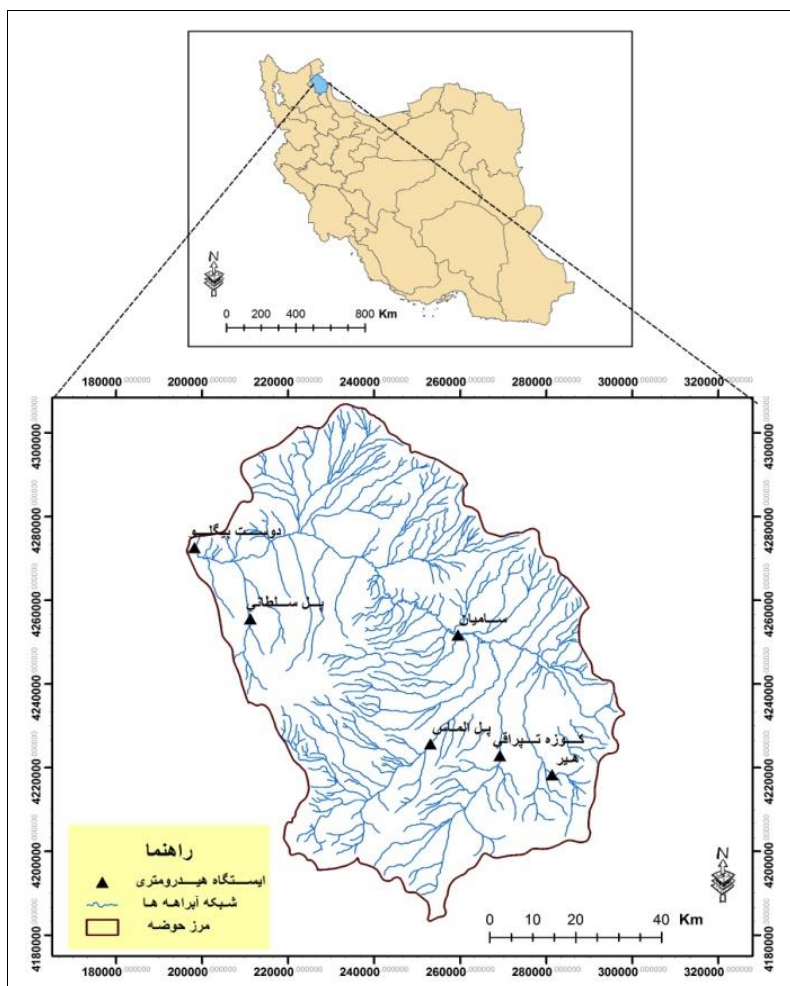
### مواد و روش‌ها

حوضه آبریز قره‌سو با مساحت ۷۴۵۵ کیلومتر مربع به ازای ایستگاه دوست‌بیگلو در مختصات جغرافیایی  $32^{\circ} 47'$  تا  $41^{\circ} 48'$  طول شرقی و  $37^{\circ} 47'$  تا  $38^{\circ} 52'$  عرض شمالی واقع گردیده است (شکل ۱).

بخش اعظم این حوضه در قسمت میانی استان اردبیل (شهرستان‌های اردبیل، مشگین‌شهر، نمین، نیر و

کوش) و بخش کوچکی از آن نیز در محدوده استان آذربایجان شرقی (شهرستان سراب) قرار گرفته است

در تحقیق حاضر از داده‌های ۶ ایستگاه هیدرومتری و باران‌سنجی هم‌نام (به غیر از ایستگاه پل سلطانی) طی دوره مشترک ۲۲ ساله (سال‌های آبی ۱۳۶۴-۱۳۸۵) استفاده شده است (جدول ۱).



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز قره‌سو و ایستگاه‌های منتخب آن

جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در حوضه آبریز قره‌سو

ایستگاه‌ها	رودخانه	ارتفاع (متر)	مساحت حوضه بالادست (کیلومتر مربع)	دبی متوسط سالانه (مترمکعب بر ثانیه)
پل الماس	بالیخلی چای	۱۴۴۰	۱۱۷۱/۸۷	۳/۳۴
پل سلطانی	خیابوچای	۲۴۹۷	۹۶/۲۵	۰/۶۳
دوست‌بیگلو	قره‌سو	۷۸۰	۷۴۵۵/۶۲	۶/۹۶
سامیان	قره‌سو	۱۲۹۰	۴۰۶۶/۸۷	۴/۸۳
کوزه‌تیرافی	قوری چای	۱۳۹۴	۷۸۱/۲۵	۰/۷۹
هیر	هیر چای	۱۵۷۵	۱۷۸/۷۵	۰/۲۷

روش تحقیق توصیفی - تحلیلی بوده و در انجام آن از تحلیل‌های آماری شامل تحلیل رگرسیونی و تحلیل خط روند سری زمانی سالانه استفاده شده است. در گام نخست جهت تکمیل نواقص آماری میزان بار رسوب معلق و تشکیل سری زمانی مقادیر بار رسوبی ایستگاه‌ها از رابطه میان دبی و بار رسوب متناظر بر اساس روش منحنی سنج رسوب متداول کمک گرفته شد. پس از آن با در دست داشتن آمار رسوب معلق، روابط زمانی و مکانی متغیر بارش (متغیر مستقل) با رسوب‌دهی (متغیر وابسته) ایستگاه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور علاوه بر بهره بردن از مقایسه آمار توصیفی و سری‌های زمانی مختلف مربوط به دو متغیر، آزمون رگرسیونی مابین پارامترهای مختلف بارندگی با رسوب‌دهی نیز انجام پذیرفت که شرح آنها در جدول (۳) آمده است. در تحلیل‌های رگرسیونی با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، جهت انتخاب بهترین خط برازش در روابط دو متغیر، توابع رگرسیونی مختلف شامل خطی، لگاریتمی، معکوس، درجه دو، مکعبی، توانی، مرکب، S شکل، رشد و نمایی مورد آزمون قرار گرفت تا بر اساس معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ و نیز بالاترین ضریب تعیین، رابطه بهینه تعیین گردد. در مواردی هم که توابع رگرسیونی از ضریب تعیین مساوی برخوردار بودند، جهت انتخاب خط برازش بهینه از شاخص کمترین اشتباه استاندارد برآورد (SE) به شرح زیر استفاده شده است.

$$SE \sqrt{\frac{\sum (S_0 - S_\theta)^2}{N - 2}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه‌ی مزبور، SE خطای استاندارد برآورد،  $S_0$  مقادیر واقعی متغیر وابسته،  $S_\theta$  مقادیر برآوردی متغیر وابسته و N تعداد نمونه‌هاست. اما در تحلیل تغییرات بین‌سالی بارش و رسوب و تعیین روندهای مربوط به سری زمانی سالانه، از قابلیت نرم‌افزار Excel بهره گرفته شد. این امر از طریق رسم خط تابع رگرسیون چندجمله‌ای<sup>۱</sup> به جهت ضریب تعیین بالاتر نسبت به سایر خط روندها (خطی، توانی، لگاریتمی و نمایی) انجام گرفت.

جدول (۲) پارامترهای آماری مربوط به تحلیل رگرسیونی مابین بارندگی و رسوبدهی ایستگاه‌های منتخب

تعداد داده	شرح	متغیر وابسته (Y)	تعداد داده	شرح	متغیر مستقل (X)
۲۲	مجموع رسوبدهی سالانه طی ۳۶۵ روز	$Y_1 =$ رسوبدهی سالانه	۲۲	مجموع میانگین بارش‌های ماهانه	$X_1 =$ بارندگی سالانه
۱۲	میانگین مجموع رسوبدهی ماهانه طی ۲۲ سال آماری	$Y_2 =$ میانگین رسوبدهی ماهانه	۱۲	میانگین مجموع بارش ماهانه طی ۲۲ سال آماری	$X_2 =$ بارندگی ماهانه
۶	میانگین مجموع رسوبدهی سالانه طی ۲۲ سال آماری	$Y_{3-1} =$ رسوبدهی کل	۶	میانگین بارش ماه‌هایی که میزان بارش آنها بیشتر از میانگین بارش ماهانه است	$X_3 =$ میانگین پر بارش‌ترین ماه‌های سال
۶	رسوبدهی کل تقسیم بر مساحت حوضه بالادست ایستگاه مورد نظر	$Y_{3-2} =$ رسوبدهی ویژه			
۶	میانگین مجموع رسوبدهی سالانه طی ۲۲ سال آماری	$Y_{4-1} =$ رسوبدهی کل			
۶	رسوبدهی کل تقسیم بر مساحت حوضه بالادست ایستگاه مورد نظر	$Y_{4-2} =$ رسوبدهی ویژه	۶	نسبت میانگین بارش پر بارش‌ترین ماه سال به میانگین بارندگی سالانه	$X_4 =$ شاخص فورنیه

### بحث و نتایج

در تحلیل روابط زمانی - مکانی بار رسوبی ایستگاه‌ها با بارش آنها، ابتدا از آمار توصیفی متغیرهای مزبور جهت آگاهی اولیه از کم و کیف این روابط به ویژه در بعد زمانی بلندمدت کمک گرفته شد و مقایسه‌ی مقادیر آماری دو متغیر در بخش تغییرات زمانی - مکانی بار رسوبی انجام گرفت. سپس جهت تبیین دقیق‌تر و کامل‌تر این روابط، از تحلیل‌های رگرسیونی، استفاده شد تا به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری نهایی بینجامد.

#### ۱- تغییرات زمانی - مکانی بارش

نتایج حاصل از محاسبات آماری مربوط به بارش ماهانه‌ی ایستگاه‌های مورد مطالعه (جدول ۳) نشان می‌دهد که بیشترین بارندگی در ماه اردیبهشت و کمترین بارندگی در مردادماه بوده است. بیشترین ناهمگونی ایستگاه‌ها از لحاظ بارش ماهانه در اردیبهشت و کمترین ناهمگونی ایستگاه‌ها از این لحاظ در مرداد دیده می‌شود. از طرفی بی‌نظمی و تغییرپذیری قابل ملاحظه‌ای در وقوع بارش‌های ماهانه‌ی ایستگاه‌های نمونه دیده می‌شود.

جدول (۳) توزیع ماهانه بارش (به میلی متر) در ایستگاه‌های منتخب حوضه آبریز قره‌سو (۱۳۸۵-۱۳۶۴)

انحراف	ایستگاه‌های منتخب						ماه‌ها
	دوست‌بیگلو	سامیان	پل الماس	کوزه‌تپراقی	هیر	مشگین شهر	
مهر	۲۸/۳	۲۳/۳	۲۴/۴	۱۹/۱	۲۹/۲	۲۵/۸	۳/۶۶
آبان	۳۲/۱	۲۶/۷	۳۷/۷	۳۵/۷	۳۷/۶	۲۸/۷	۴/۶۸
آذر	۱۵/۷	۱۴/۷	۲۰/۰	۱۷/۸	۲۵/۲	۱۳/۱	۴/۳۶
دی	۱۳/۲	۱۷/۱	۱۷/۰	۱۹/۱	۳۲/۶	۱۵/۴	۶/۹۲
بهمن	۱۱/۴	۱۵/۵	۱۳/۷	۱۹/۹	۳۱/۴	۱۳/۸	۷/۳۳
اسفند	۱۹/۴	۱۶/۱	۲۳/۴	۲۵/۲	۴۱/۴	۲۵/۲	۸/۷۵
فروردین	۴۵/۸	۳۰/۴	۳۷/۳	۳۲/۶	۵۲/۳	۳۸/۶	۸/۲۴
اردیبهشت	۶۰/۲	۴۳/۷	۴۹/۵	۴۱/۰	۷۰/۰	۵۹/۲	۱۱/۱۲
خرداد	۴۳/۴	۲۰/۷	۲۲/۱	۱۸/۲	۳۲/۴	۳۶/۲	۱۰/۰۳
تیر	۱۲/۱	۹/۳	۸/۲	۵/۳	۱۲/۰	۱۸/۰	۴/۳۳
مرداد	۸/۸	۵/۴	۶/۵	۲/۸	۴/۷	۹/۸	۲/۶۲
شهریور	۱۲/۸	۱۰/۰	۷/۴	۴/۵	۴/۴	۱۴/۴	۴/۲۱
انحراف معیار	۱۶/۷۶	۱۰/۵۴	۱۳/۴۳	۱۲/۱۹	۱۸/۹	۱۴/۲۹	-
ضریب تغییرات	۰/۶۶	۰/۵۴	۱/۶۰	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۵۷	-

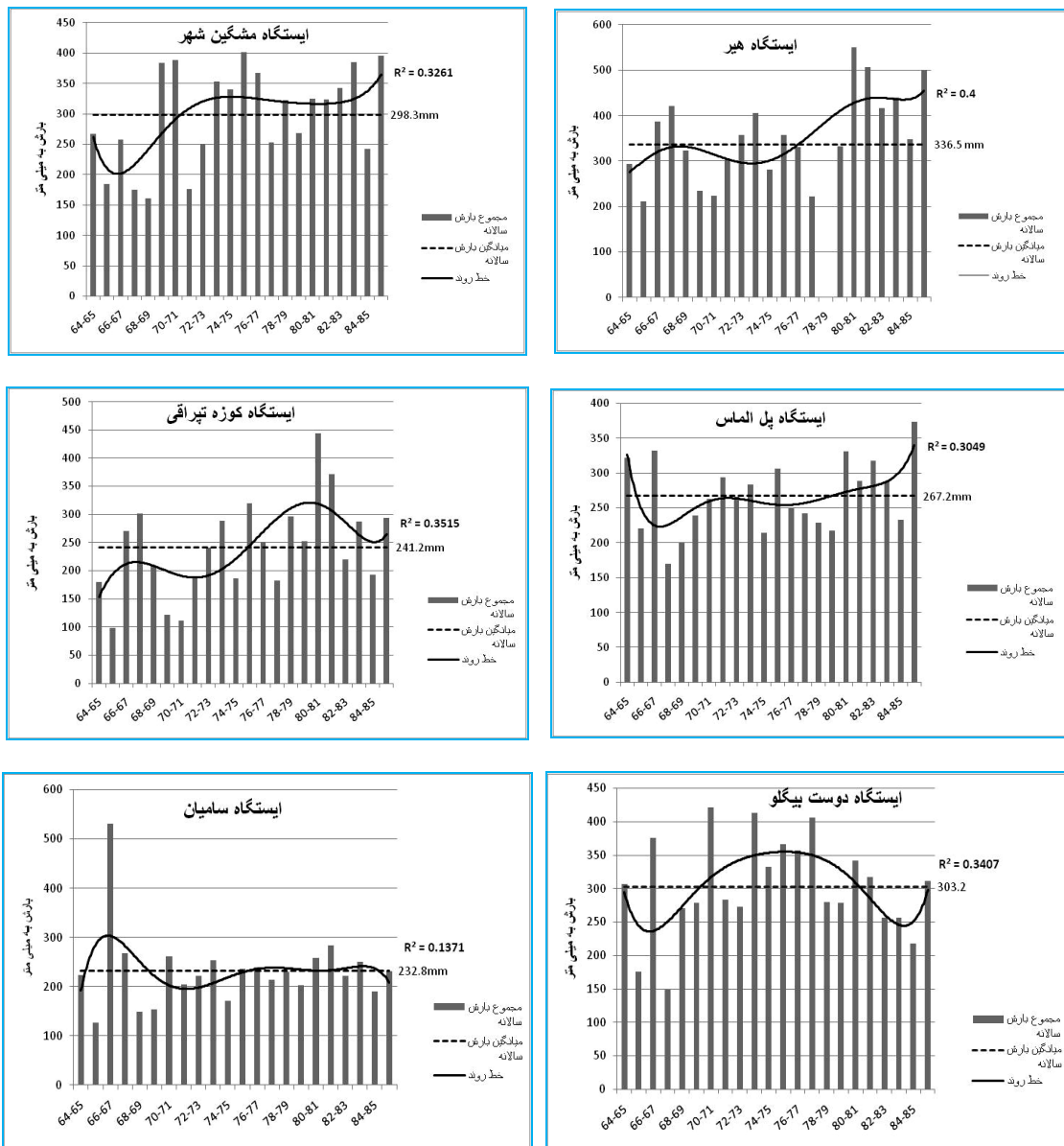
اما نگاهی به مقادیر آماری بارش سالانه (جدول ۴) نشان می‌دهد بیشترین همگونی بارش‌های سالانه به ایستگاه پل الماس و کمترین همگونی از این لحاظ به ایستگاه هیر تعلق دارد. از طرفی مقادیر ضریب تغییرات بارندگی سالانه ایستگاه‌ها نشان از وجود رژیم بارشی نسبتاً منظم در بین ایستگاه‌های منتخب دارد.

جدول (۴) شاخص‌های آماری بارندگی سالانه (به میلی‌متر) در ایستگاه‌های نمونه حوضه آبریز قره‌سو (۱۳۸۵-۱۳۶۴)

ایستگاه‌ها	مشگین شهر	هیر	کوزه‌تپراقی	پل الماس	سامیان	دوست‌بیگلو
میانگین	۲۹۸/۳	۳۸۹/۸	۲۴۱/۲	۲۶۷/۱	۲۳۲/۸	۳۰۳/۲
میانه	۳۲۳/۲	۳۵۷	۲۴۵/۷	۲۶۴/۲	۲۲۶/۵	۲۵۹/۲
انحراف معیار	۷۸/۵	۱۰۲/۱۶	۸۳/۸	۵۰/۹	۷۷/۸	۷۱/۵
ضریب تغییرات	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۳۳	۰/۲۴

در باب تغییرات بلندمدت بارش همان‌گونه که از نمودارهای توالی زمانی بارش سالانه ایستگاه‌ها (شکل ۲) پیداست، تغییرات قابل ملاحظه‌ای در وقوع بارش‌های سالانه برخی ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود. نکته بارزی که از این نمودارها برداشت می‌شود روندهای افزایشی بارش سالانه در چهار ایستگاه هیر، مشگین شهر، کوزه‌تپراقی و پل الماس و روند کاهشی آن در ایستگاه سامیان می‌باشد.





شکل (۲) تغییرات بارش سالانه و روندهای آن در ایستگاه‌های نمونه حوضه آبریز قره‌سو (۱۳۸۵ - ۱۳۶۴)

## ۲- تغییرات زمانی - مکانی بار رسوبی

نتایج حاصل از محاسبات آماری متغیر بار رسوبی در ایستگاه‌های مورد مطالعه (جدول ۵) نشان دهنده نوسانات و تفاوت‌های قابل ملاحظه آن در بین ایستگاه‌های منتخب بود، به طوری که کمینه بار رسوبی ماهانه ایستگاه‌های پل سلطانی و هیر در شهریور ماه، ایستگاه‌های کوزه تپراقی، پل الماس و دوست‌بیگلو در مرداد ماه و ایستگاه سامیان در تیر ماه اتفاق افتاده است. متقابلاً وقوع بیشینه بار رسوبی ماهانه همه ایستگاه‌های مورد نظر به غیر از ایستگاه پل سلطانی (مشگین‌شهر)، در فروردین ماه بوده است. آغاز ذوب

برف‌های انباشت شده در مرتفعات از اواخر زمستان، محرک بروز فرایندهای فرسایشی و رسوب‌دهی در حوضه‌های آبخیز مورد بررسی است. در فصل تابستان کمی بارش و متعاقب آن کاهش دبی رودها از میزان فرسایندهای باران و قدرت فرسایشی آبراهه‌ها در حوضه آبریز قره‌سو کاسته و استفاده‌ی کشاورزان و باغداران منطقه از همین منابع اندک آب‌های سطحی، کاهش رسوب در حوضه‌های آبخیز را شدت می‌بخشد. اما بیشترین همگونی در الگوی رسوب‌دهی ماهانه ایستگاه‌ها، در مرداد ماه و کمترین همگونی ایستگاه‌ها از این لحاظ در فروردین ماه مشاهده می‌شود. نتیجه این که همگونی بیشتر بارندگی ماهانه ایستگاه‌ها در مرداد ماه با همگونی بیشتر رسوب‌دهی ماهانه آن‌ها در ماه مزبور مطابقت دارد. پراکنش و ناهمگونی رسوب‌دهی ماهانه در ایستگاه دوست‌بیگللو نسبت به سایر ایستگاه‌ها بیشتر بوده و در مقابل کمترین ناهمگونی در مقادیر رسوب‌دهی ماهانه در ایستگاه هیر مشاهده می‌شود. این در حالی است که ناهمگونی بارش‌های ماهانه‌ی ایستگاه هیر بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بوده است. همچنین مقادیر ضریب تغییرات، گویای تغییرپذیری زیاد رسوب‌دهی ماهانه در ایستگاه‌های منتخب و نشان‌دهنده‌ی پیچیدگی فرایندهای انتقال رسوب در آبراهه‌ها است.

جدول (۵) توزیع ماهانه بار رسوب معلق (به واحد تن) در ایستگاه‌های منتخب حوضه آبریز قره‌سو (۱۳۶۴-۱۳۸۵)

انحراف	ایستگاه‌های منتخب						ماه‌ها	
	معیار	دوست‌بیگللو	سامیان	پل الماس	کوزه‌تپراقی	هیر		پل سلطانی
	۸۶۷/۵۷	۲۲۷۳/۶۴	۷۰۳/۳۳	۵۱۳/۱۴	۱۲/۲۷	۲۱/۹	۸۵/۷۲	مهر
	۲۴۲۰/۹۵	۶۳۰۰/۱۷	۲۰۴۲/۲۲	۱۰۱۳/۷۹	۳۰۲/۳۲	۳۰/۴۱	۹۶/۳۲	آبان
	۴۳۱۵/۷۷	۱۱۱۹۸/۹۳	۲۸۲۸/۳۵	۱۲۳۴/۴۹	۳۱۴/۲۰	۳/۶۹	۲۶۳/۹۴	آذر
	۴۱۱۲/۶۴	۱۰۶۳۴/۳۱	۳۵۶۰/۶۰	۱۱۶۰/۶۰	۲۲۲/۱۶	۲۶/۰۲	۴۱۵/۰۹	دی
	۴۰۶۸/۸۳	۱۰۶۳۰/۰۲	۳۱۸۱/۹۴	۱۱۴/۱۸	۳۶۵/۴۹	۳۳/۳۷	۵۳۶/۲۱	بهمن
	۷۲۳۳/۹۱	۱۸۲۹۸/۹۵	۸۲۲۵/۷۷	۱۴۴۳/۸۹	۸۲۳/۶۵	۴۵/۱۷	۵۴۹/۸۵	اسفند
	۱۱۵۷۴/۶۸	۲۹۰۱۷/۳۱	۱۵۲۱/۵۹	۲۴۷۳/۶۶	۲۷۷۲/۰۹	۱۱۰/۷۰	۴۷۲/۹۶	فروردین
	۳۶۲۲/۰۸	۹۷۵۱/۴۰	۳۵۲۱/۳۷	۱۴۴۲/۹۳	۱۶۰۴/۹۴	۷۱/۸۴	۳۴۱/۷۷	اردیبهشت
	۱۱۰۶/۸۵	۲۹۰/۲۴	۱۵۰/۲۸	۳۷۸/۱۲	۲۱۹/۶۴	۶۶/۵۸	۲۳۱/۵۵	خرداد
	۳۵۶/۷۸	۹۲۸/۸۴	۱۶/۵۹	۲۲۵/۴۰	۱۷/۶۶	۵۹/۴۰	۴۴۰/۱۳	تیر
	۱۰۲/۸۴	۲۱۱/۸۴	۲۰/۵۳	۲۲۳/۷۷	۱/۹۰	۵۶/۲۸	۱۹۶/۹۱	مرداد
	۲۲۴/۴۷	۵۵۷/۴۹	۱۷۰/۱۲	۳۴۶/۹۱	۲۵/۱۵	۲۰/۱۲	۰/۵۶	شهریور
-		۸۵۲۲/۵۴	۴۴۳۱/۸۷	۶۶۷/۷۵	۸۳۶/۶۷	۲۶/۶۸	۱۸۵/۶۷	انحراف معیار
-		۰/۹۹	۱/۳۴	۰/۶۹	۱/۵۲	۰/۵۶	۰/۶۲	ضریب تغییرات

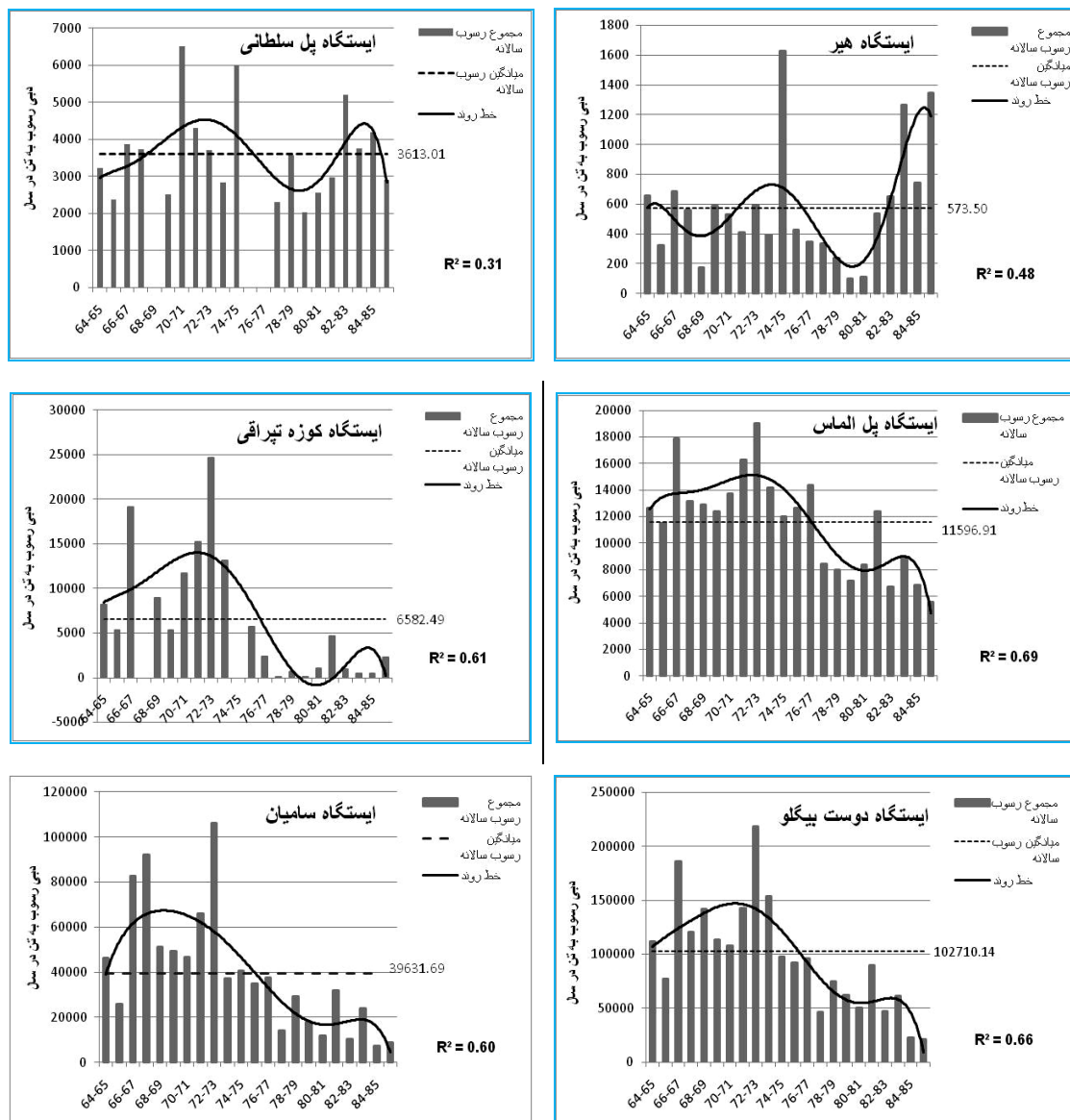
مقادیر مجموع رسوبدهی سالانه در ایستگاه‌های منتخب (جدول ۶) نشان می‌دهد ایستگاه دوست‌بیگلو با میانگین رسوبدهی ۱۰۲۷۱۰/۱۴ تن در سال و ایستگاه هیر با میانگین رسوبدهی ۵۷۳/۵ تن در سال به ترتیب بیشترین و کمترین رسوبدهی سالانه را بین ایستگاه‌های نمونه دارند. از طرفی ناهمگونی در وقوع رسوبدهی سالانه نیز در ایستگاه دوست‌بیگلو بیشتر از سایر ایستگاه‌ها بوده و کمترین ناهمگونی وقوع رسوبدهی سالانه در ایستگاه هیر مشاهده می‌شود. این در حالی است که ایستگاه هیر در بین ایستگاه‌های دیگر از بیشترین ناهمگونی در وقوع بارندگی‌های سالانه برخوردار بوده است. از طرفی تغییرپذیری رژیم رسوبدهی سالانه در بین ایستگاه‌های نمونه حاکی از ثبات بیشتر رسوبدهی سالانه در ایستگاه پل الماس و برعکس ثبات کمتر رسوبدهی سالانه در ایستگاه کوزه تپراقی است. با این نتیجه تشابه تغییرپذیری بارش سالانه با تغییرپذیری رسوبدهی سالانه بین ایستگاه‌های نمونه آشکار می‌شود.

جدول (۶) مقادیر آماری رسوبدهی سالانه (به واحد تن) در ایستگاه‌های نمونه حوضه آبریز قره‌سو (۱۳۸۵-۱۳۶۴)

ایستگاه‌ها	پل سلطانی	هیر	کوزه تپراقی	پل الماس	سامیان	دوست‌بیگلو
میانگین	۳۶۱۳	۵۷۳/۵	۶۵۸۲/۴۹	۱۱۵۹۶/۹۱	۳۹۶۳۱/۶۲	۱۰۲۷۱۰/۱۴
انحراف معیار	۱۲۳۲/۹۸	۳۶۵/۶۹	۷۰۲۶/۱۸	۳۶۸۹/۰۳	۲۷۱۲۱/۰۴	۵۰۲۳۲/۲۸
ضریب تغییرات	۰/۳۴	۰/۶۷	۱/۰۷	۰/۳۲	۰/۶۸	۰/۵

توالی زمانی رسوبدهی سالانه در ایستگاه‌های منتخب (شکل ۳) نشان می‌دهد که با وجود افت و خیزهای زیاد در میزان رسوبدهی زیرحوضه‌ها، چهار ایستگاه پل الماس، کوزه تپراقی، سامیان و دوست‌بیگلو روند کاهشی بارز و ایستگاه هیر روند افزایشی آشکاری در میزان رسوبدهی سالانه دارند.

به طور کلی آنچه که در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه نمود مشخص و با اهمیتی دارد، کاهش بار رسوبی زیرحوضه‌های منتخب طی دهه‌ی هفتاد شمسی است. از آن جایی که در روندهای بارش سالانه چنین افتی مشاهده نمی‌گردد، بنابراین این روند کاهشی را بایستی در عوامل دیگری جستجو نمود که خارج از موضوع این پژوهش است.



شکل (۳) تغییرات رسوب‌دهی سالانه و روندهای آن در ایستگاه‌های نمونه حوضه آبریز قره‌سو (۱۳۸۵-۱۳۶۴)

### ۳- تحلیل‌های رگرسیونی

الف: رابطه‌ی بارندگی سالانه با رسوب‌دهی سالانه

تحلیل روابط رگرسیونی میان مقادیر بارش سالانه و رسوب‌دهی سالانه ایستگاه‌ها نشان داد که رابطه‌ی دو متغیر مزبور در حد بسیار ضعیفی بوده و بالاترین ضریب همبستگی میان دو متغیر از طریق برازش تابع رگرسیون مکعبی در ایستگاه سامیان برابر با ۰/۱۳ بود.

## ب: رابطه بارندگی ماهانه با رسوبدهی ماهانه

روابط رگرسیونی میان بارش‌های ایستگاه‌های نمونه با رسوبدهی آنها در مقیاس ماهانه نشان از همبستگی قابل توجه دو متغیر دارد (جدول ۷) و متغیر بارش ماهانه در بهترین حالت (ایستگاه کوزه‌تپراقی) توانسته است بیش از ۷۲ درصد واریانس متغیر رسوبدهی ماهانه را توضیح دهد. نکته‌ی مهم در اینجا غیرخطی بودن روابط رگرسیونی بهینه بود که به استناد اظهار رومن و همکاران (۲۰۱۰: ۳۱۴۰) این موضوع نشان می‌دهد که حتی یک افزایش جزئی در میزان بارندگی ممکن است به افزایش قابل توجهی در مقادیر رسوبدهی منجر شود. از طرفی وجود روابط خوب بارش با رسوبدهی در مقیاس ماهانه نسبت به مقیاس سالانه حاکی از پاسخ مستقیم و سریع رسوبدهی به بارش حوضه در بازه زمانی کوتاه‌تر است.

جدول (۷) نتایج تحلیل رگرسیونی بین بارش ماهانه و رسوب ماهانه در ایستگاه‌های منتخب حوضه قره‌سو

نام ایستگاه	تابع رگرسیونی	ضریب تعیین ( $R^2$ )	معنی داری (Sig)	اشتباه استاندارد برآورد (SE)
پل الماس	توانی	۰/۶۲	۰/۰۰۲	۰/۵۳
پل سلطانی	توانی، رشد و مرکب	۰/۰۴	۰/۵۲	۱/۹۲
دوست بیگلو	S شکل	۰/۳۱	۰/۰۶	۱/۳۳
سامیان	S شکل	۰/۵۶	۰/۰۰۵	۱/۵۸
کوزه تپراقی	توانی	۰/۷۲	۰/۰۰۰	۱/۲
هیر	مکعبی	۰/۴۲	۰/۱۹۷	۰/۷۶

## پ - رابطه میانگین پربارش‌ترین ماه‌های سال با رسوبدهی کل و ویژه

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بهترین رابطه‌ی میانگین پربارش‌ترین ماه‌های سال با رسوبدهی کل ایستگاه‌ها از طریق تابع رگرسیونی درجه ۲ و مکعبی با ضریب تعیین ۰/۲۳ و معنی‌داری در سطح ۰/۶۷ قابل حصول است. از سوی دیگر رابطه‌ی بهینه میان میانگین پربارش‌ترین ماه‌های سال و رسوبدهی ویژه‌ی ایستگاه‌ها از طریق تابع رگرسیونی مکعبی با ضریب تعیین ۰/۲۸ و معنی‌داری ۰/۶۲ به دست آمد. بنابراین رابطه شاخص میانگین پربارش‌ترین ماه‌های سال با رسوبدهی کل و ویژه ایستگاه‌ها ضعیف بوده و معنی‌دار نمی‌باشد.

## ت - رابطه شاخص فورنیه با رسوبدهی کل و ویژه

نتایج حاصل از تحلیل رابطه شاخص فورنیه با رسوبدهی کل ایستگاه‌ها نشان داد که در اکثر توابع رگرسیونی، شاخص مزبور با معنی‌داری در سطح ۰/۲ توانست ۳۵ درصد واریانس رسوبدهی را توضیح دهد. در مقابل رابطه این شاخص با رسوبدهی ویژه ایستگاه‌ها قوی‌تر بوده و به طور مشترک در توابع رگرسیونی

مرکب، توانی، S شکل، رشد و نمایی با ضریب تعیین  $0/65$  و معنی‌داری  $0/05$ ، رابطه بهینه شاخص فورنیه با رسوبدهی ویژه ایستگاه‌های نمونه حاصل گردید.

### نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات و بی‌نظمی مقادیر رسوبدهی ایستگاه‌های منتخب به خصوص در مقیاس درون‌سالی قابل توجه می‌باشد. در این زمینه همخوانی افزایش تغییرپذیری رسوبدهی ماهانه با افزایش شرایط خشکی و کاهش بارندگی ایستگاه‌ها بر وجود روابط نزدیک وضعیت بارشی با وضعیت رسوبدهی زیرحوضه‌های منتخب دلالت دارد. با این حال وجود اختلاف میان متغیرهای مورد بررسی به لحاظ وقوع مقادیر بیشینه ماهانه (که در بارش، اردیبهشت ماه و در رسوبدهی، فروردین ماه بود) اشاره به عدم تبعیت الگوی ماهانه رسوبدهی از الگوی ماهانه بارندگی داشت. این واقعیت می‌تواند ناشی از حاکمیت رژیم برفی - بارانی در زیرحوضه‌های مورد بررسی باشد که با شروع ذوب برف‌ها از اواخر زمستان امکان وقوع رواناب قابل توجه و به تبع آن فرایندهای فرسایشی گسترده را در حوضه‌ها فراهم می‌سازد. وجود بیشترین همگونی و تشابه در مقادیر ماه مرداد ایستگاه‌ها هم به لحاظ بارش و هم به لحاظ بار رسوبی، از نتایج دیگر این تحقیق بود که باز بر تشابهات زمانی بین دو متغیر تأکید دارد. علی‌رغم تفاوت زیاد میان ایستگاه‌های نمونه از لحاظ تغییرات و بی‌نظمی در وقوع رسوبدهی ماهانه نسبت به وقوع بارش ماهانه، در مقیاس بین‌سالی ارتباط نزدیکی از این لحاظ بین دو متغیر دیده می‌شود. این نتیجه نه تنها اشاره به واقعیت آماری میانگین‌گیری و سرشکن شدن نوسانات زمانی دارد، بلکه به تغییرات و نوسانات زیاد بار رسوبی در حوضه‌های آبخیز برمی‌گردد که در مقیاس ماهانه بهتر و دقیق‌تر قابل ردیابی است. اما نتایج تغییرات سری زمانی سالانه مشخص نمود که روندهای زمانی رسوبدهی ایستگاه‌ها با روندهای زمانی بارش آنها رابطه نزدیکی نداشته و علل آن را بایستی در جای دیگری جستجو نمود. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون روابط متغیر بارش با متغیر رسوبدهی در ایستگاه‌های نمونه حاوی واقعیت‌های بیشتری است. در حالی که بارش ماهانه برخی ایستگاه‌ها با رسوبدهی ماهانه آنها رابطه خوب و معنی‌داری داشت. با این حال در مقیاس بین‌سالی، رابطه میان دو متغیر بسیار ضعیف بود؛ که این رابطه ضعیف بارش سالانه با رسوبدهی سالانه در نتایج کارهای بسیاری از محققان قبلی نیز دیده می‌شود. اما در خصوص رابطه شاخص فورنیه با رسوبدهی کل و ویژه در حوضه مورد مطالعه نتایج ارزنده‌ای حاصل شد و دلالت بر قدرت این شاخص فورنیه در توضیح خوب واریانس رسوبدهی ویژه دارد و می‌توان از آن در پیش‌بینی مقادیر رسوبدهی ویژه در حوضه مورد مطالعه بهره برد. این نتیجه مطابق با نتایج مطالعه هیکس و همکاران (۱۹۹۶)، رستریو و همکاران (۲۰۰۶) و همتی و همکاران (۱۳۸۰)، (حوضه

دریاچه ارومیه) می‌باشد. به طور کلی غیرخطی بودن روابط بهینه میان متغیرهای بارش و بار رسوبی در محدوده‌ی مورد مطالعه، علاوه بر همخوانی با تحقیقات پیشین و تأیید اهمیت معادلات رگرسیونی غیرخطی در برآورد بار رسوبی حوضه‌ها صحت، به مفهوم رایج پیچیدگی فرایندهای رسوب‌زایی و انتقال رسوب اشاره دارد. با توجه به نتایج به دست آمده، پیشنهاد می‌شود پیش‌بینی‌ها و روندیابی‌های بار رسوبی در حوضه‌های آبخیز بر روی مقیاس ماهانه متمرکز شود. با توجه به این که مطالعه‌ای از این دست در حوضه‌ی آبریز قره‌سو انجام نگرفته است، نتایج این پژوهش می‌تواند ضمن آگاه ساختن مدیران و برنامه‌ریزان امر از روند زمانی فرسایش و رسوب‌دهی، رهنمودی برای پیش‌بینی بار رسوبی در راستای اولویت‌های حفاظتی و اجرای عملیات آبخیزداری در حوضه آبریز مذکور تلقی شود.

## منابع

- جواهری، نصر...؛ قمشی، مهدی و سیدمحمد کاشفی‌پور (۱۳۸۴)، مقایسه روش‌های رگرسیون آماری و فازی جهت برآورد بار رسوبی رودخانه‌های کارون و دز، مجله علمی کشاورزی، سال ۲۸، شماره ۲، صص ۱۸۳-۱۹۸.
- حکیم‌خانی، شاهرخ (۱۳۷۷)، ارزیابی مدل رگرسیونی چندمتغیره بر اساس عوامل مؤثر بر رسوبدهی معلق حوزه‌های آبخیز دریاچه ارومیه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- خدانشناس، رضا؛ قهرمان، بیژن؛ داوری، کامران و حسن ناظریان (۱۳۸۷)، ارزیابی مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره برآورد رسوب در حوضه‌های شمال استان خراسان، مجله آب و خاک، جلد ۲۲، شماره ۲، صص ۱۵۰-۱۶۴.
- خوش‌رفتار، رضا و فرشته مازینی (۱۳۹۰)، بررسی آماری دبی و رسوب حوضه آبریز قره‌سو (استان گلستان)، فضای جغرافیایی، شماره ۳۳، صص ۱۰۱-۱۲۱.
- شعبانی، محمد؛ فیض‌نیا، سادات؛ احمدی، حسن و جمال قدوسی (۱۳۸۶)، بررسی عوامل مؤثر بر رسوبدهی حوضه‌های آبخیز (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان)، نشریه منابع طبیعی، دوره ۶۰، شماره ۳، صص ۷۵۹-۷۷۱.
- صادقی، حمیدرضا؛ نجفی، درعلی و مهدی وفاخواه (۱۳۸۵)، تحلیل منطقه‌ای رسوب معلق در حوضه اصفهان و سیرجان، تحقیقات منابع آب ایران، سال دوم، شماره ۳، صص ۵۱-۶۵.
- قدیمی عروس‌محله، فریدون و امین ابراهیم سبحانی (۱۳۷۸)، تعیین الگوی توزیع آماری رسوب معلق حوضه آبریز دریاچه نمک، پژوهش و سازندگی، شماره ۴۴، صص ۹۴-۹۹.
- موسوی، سید فرهاد؛ حیدری‌پور، منوچهر و سعید شعبانلو (۱۳۸۵)، بررسی رسوب در مخزن سد زاینده‌رود با استفاده از مدل‌های تجربی افزایش و کاهش سطح، آب و فاضلاب اصفهان، شماره ۵۷، صص ۷۶-۸۲.
- میرابوالقاسمی، هادی (۱۳۷۳)، اثر احداث سد بر بار معلق و روند فرسایش و رسوب‌گذاری رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه کارون)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد تأسیسات آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.
- میرابوالقاسمی، هادی و سعید مرید (۱۳۷۴)، بررسی رسوب‌خیزی حوضه آبخیز رودخانه کرخه و برخی عوامل مؤثر بر آن، مجموعه مقالات اولین همایش ملی فرسایش و رسوب، صص ۴۶۱-۴۷۵.
- نصری، مسعود؛ فیض‌نیا، سادات؛ جعفری، محمد؛ احمدی، حسن و سعید سلطانی (۱۳۹۰)، بررسی آماری تغییرات رسوب معلق و تحلیل عوامل مؤثر (مطالعه موردی: ایستگاه مندرجان)، مرتع و آبخیزداری، دوره ۶۴، شماره ۱، صص ۹۵-۱۰۶.



- وروانی، جواد؛ فیض‌نیا؛ سادات؛ مهدوی، محمد و محمود عرب‌خدری (۱۳۸۰)، بررسی وضعیت رسوب‌دهی سرشاخه-های اصلی سد وشمگیر رودخانه گرگانرود، همایش ملی مدیریت ارضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک: مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، صص ۲۱۹-۲۳۳.
- همتی، محمد؛ مهدوی، محمد و محمود عرب‌خدری (۱۳۸۰)، بررسی رابطه رسوب‌دهی حوضه‌های آبخیز با لیتولوژی و عوامل بارش مؤثر، همایش ملی مدیریت ارضی، فرسایش خاک و توسعه پایدار، اراک: مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، صص ۲۳۴-۲۴۴.
- Bhunya, P.K., Jain, S.K., Singh, P.K., & Mishra, S.K. (2009), **A Simple Conceptual Model of Sediment Yield**, Water Resources Management, vol 24, no 8: PP 1697-1716.
- Bobrovistkaya, N.N., Kokorev, A.V., & Lemesko, N.A. (2003), **Regional Patterns in Recent Trends in Sediment Yields of Eurasian and Siberian Rivers**, Global and Planetary Change, 39: PP 127-146.
- Chakrapani, G.J. (2005), **Factors Controlling Variations in River Sediment Loads**, Current Science, Vol. 88, No. 4: PP 569-575.
- Ding, J., and Richards, K. (2009), **Preliminary Modelling of Sediment Production and Delivery in the Xihanshui River Basin**, Gansu, China, Catena, 79: PP 277-287.
- Ferraresi, M. (1990), **The Regionalization of Fluvial Sediment Yield in Emilia Romagna (Northern Italy)**, International Symposium on Regionalization in Hydrology, Ljubljana, IAHS Publish, Vol. 191: PP 253-260.
- Grauso, S., Pagano, A., Fattoruso, G., De Bonis, P., Onori, F., Regina, P., & Tebano, C. (2008), **Relations between Climatic-geomorphological Parameters and Sediment Yield in a Mediterranean Sme-arid Area (Sicily, Southern Italy)**, Environmental Geology, No. 54: PP 219-234.
- Gupta, H., & Chakrapani, G.J. (2007), **Temporal and Spatial Variations in Water Flow and Sediment Load in the Narmada River**, Current Science, Vol. 92, No. 5: PP 679-684.
- Habibnejad, M., Fatahi, R., Jalilvand, H., & Solaimani, K. (2010), **Evaluation of the Effect of Watershed Characteristics on Suspended Sediment Load Using Multiple Regressions: Case Study of Neka River and Gorgan Bay**, African Journal of Agricultural Research, Vol. 5(12): PP 1373-1379.
- Hicks, M., Hill, J & Ude, S. (1996), **Variation of Suspended Sediment Yields Around New Zealand: The Relative Importance of Rainfall and Geology**, Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives, IAHS publish, No.236: PP 149-156.
- Jain, S.K., Singh, P., Saraf, A.K., & Seth, M. (2003), **Estimation of Sediment Yield for a Rain, Snow and Glacier Fed River in the Western Himalayan Region**, Water resources Management, No. 17: PP 377-393.

- Khanchoul, K., & Jansson, M.B. (2008), **Sediment Rating Curves dDeveloped on Stage and Seasonal Means in Discharge Classes for the Mellah Wadi**, Algeria, *Geographic Annals*, 90 A (3): PP 227-236.
- Restrepo, J.D., Kjerfve, B., Hermelin, M., & Restrepo, J.C. (2006), **Factors Controlling Sediment Yield in a Major South American Drainage Basin: The Magdalena river**, Colombia, *Hydrology*, 316: PP 213-232.
- Roman, D.C., Vogel, R.M., & Schwarz, G.E. (2010), **Multivariate Models of Watershed Suspended Sediment Loads for the Eastern United States**, Urban Water Resources Research Council - 7th Urban Watershed Management Symposium: PP 3133-3144.
- Rompaey, A.V. (2005), **Modeling Sediment Yields in Italian catchments**, *Geomorphology*, No. 65: PP 157-169.
- Tamene, L., Park., S.J., Dikau, R., & Vlek, P.L.G. (2006), **Analysis of fFactors Determinning Sediment Yield Variability in the Highlands of Northern Ethiopia**, *Geomorphology*, 76: PP 76-91.
- Verstraeten, G., Poesen, J., De Vente, J., & Koninckx, X. (2003), **Sediment Yield Variability in Spain: A Quantitative and Semi-qualitative Analysis Using Reservoir Sedimentation Rates**, *Geomorphology*, No. 50: PP 327-348.
- Walling, D.E. (2008), **The Changing Sediment Loads of the World's Rivers**, *Land Reclamation*, No. 39: PP 3-20.
- Yan, B., Fang, N.F., Zhang, P.C., & Shi, Z.H. (2013), **Impacts of Land Use Change on Watershed Stream Flow and Sediment Yield: An Assessment Using Hydrologic modeling and Partial Least Squares Regression**, *Hydrology*, No. 484: PP 26-37.
- Yang, S.L., Shi, Z., Zhao, H.Y., Li, P., Dai., S.B., & Gao, A. (2004), **Effects of Hhuman Activities on the Yangtze Suspended Sediment Flux into the Estuary in the Last Century**, *Hydrology and Earth System Sciencies*, 8(6): PP 1210-1216.