

## بررسی تغییرات توزیع فراوانی مقدار بارش روزانه در حوضه کارون

دکتر سید ابوالفضل مسعودیان\*

### چکیده

هر چند اقلیم‌شناسان بر سر این موضوع توافق دارند که با افزایش دمای زمین بارش سیاره نیز تغییر خواهد یافت، اما کیفیت و کمیت این تغییرات چندان روشن نیست. به ویژه پیش‌بینی این تغییرات در مقیاس منطقه‌ای دشوارتر است. برخی از پژوهشگران بر این باورند که با افزایش دمای سیاره هرچند ممکن است مقدار بارش سالانه یک منطقه تغییری پیدا نکند، اما ممکن است توزیع فراوانی بارشها به نفع بارشهای شدید و کوتاه مدت تغییر یابد. به بیان دیگر گرمایش می‌تواند سبب تقویت ریزشهای همرفتی شود و در نتیجه فراوانی سیلابها و زیانهای ناشی از آنها افزایش یابد.

در این مقاله تغییرات توزیع فراوانی بارشهای روزانه حوضه کارون از دیدگاه آب‌شناسی (هیدرولوژی) بررسی گردیده است. این بررسی نشان می‌دهد که به طور کلی در طی چند دهه گذشته در ۷۵ درصد مساحت حوضه کارون تغییر معناداری در توزیع فراوانی بارشهای روزانه دیده نشده است در حالی که دبی‌های حداکثر لحظه‌ای در این حوضه روند افزایشی داشته است.

واژه‌های کلیدی: سیلاب، بارش روزانه، روند چولگی.

### مقدمه

در این نوشتار مقصود از حوضه آبریز کارون همه پهنه‌هایی است که بارشهای فرو باریده بر آن از ایستگاه پل شالو (E ۵۰/۱ و N ۳۱/۹) می‌گذرد. این حوضه آبریز، شبکه زهکشی گسترده‌ای به مساحت حدود ۲۳۴۰۰ کیلومتر مربع است که در دل بلندیهای زاگرس شکل گرفته است. مرز شرقی این حوضه با روند شمال غرب - جنوب شرق از زردکوه آغاز و به دنا پایان می‌پذیرد. روند آبراهه‌های اصلی این شبکه بر محور ناودیس‌های زاگرس منطبق است. کارون در شمار پر آبرین رودهای ایران زمین است و سیستم‌های هوا که از شمال غرب، غرب و جنوب غربی به این آبریز وارد می‌شود آب آن را تأمین می‌کنند. ساختار کارستی این حوضه و حوضه‌های آبریز همسایه آن سبب تبادل آب در بین این حوضه‌ها می‌شود و رفتار بارش - رواناب را بسیار پیچیده می‌سازد.

### بارش‌شناسی حوضه آبریز کارون

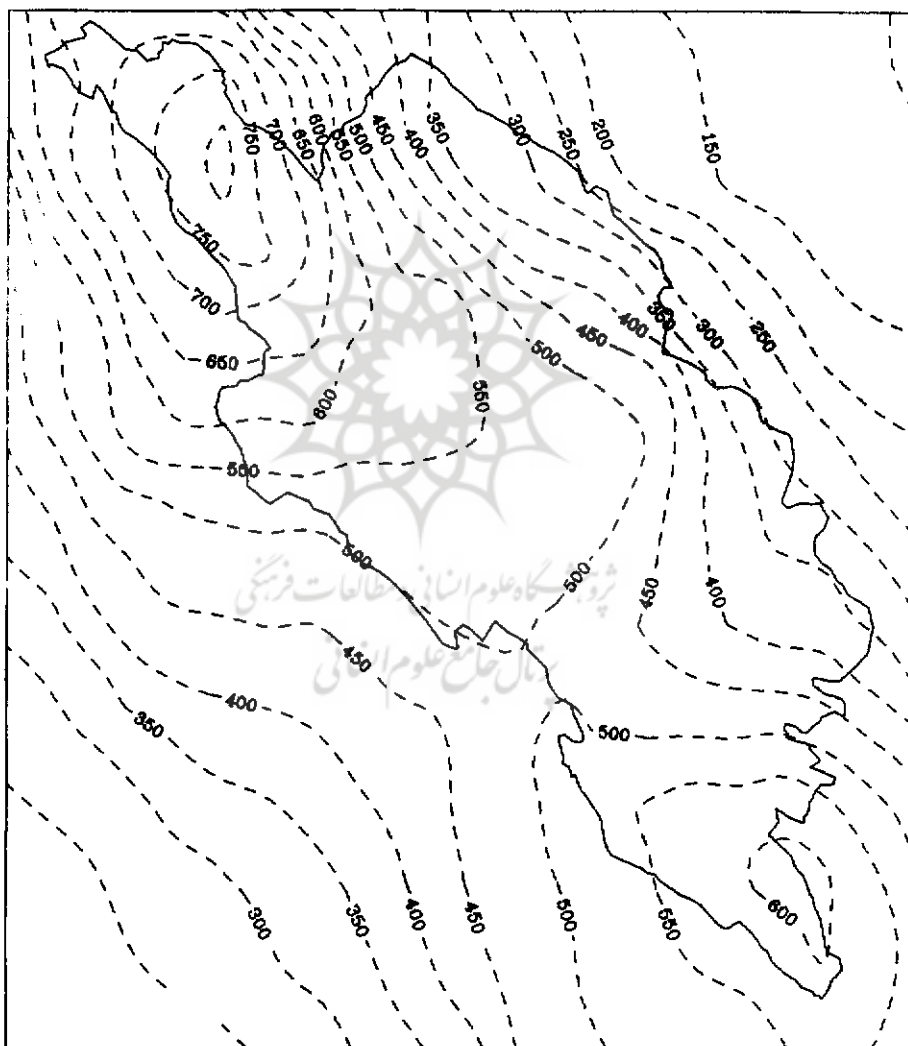
در کارون الگوی خطوط همبارش از الگوی ناهمواری زمین پیروی می‌کند. دو هسته بارش که یکی در گوشه شمال غربی حوضه بسته شده و دیگری در گوشه جنوب شرقی شکل گرفته است به ترتیب در پیرامون زردکوه و دنا استقرار یافته‌اند (نقشه ۱).

از زیر هسته پربارش شمال غربی سرشاخه‌های کوه‌رنگ و بازفت سرچشمه می‌گیرند و از زیر هسته جنوب شرقی سرشاخه بشار سرچشمه می‌گیرد. خط همبارش ۴۵۰ میلی‌متر این دو هسته را از هم جدا می‌کند. مقدار بارش حوضه آبریز از جنوب

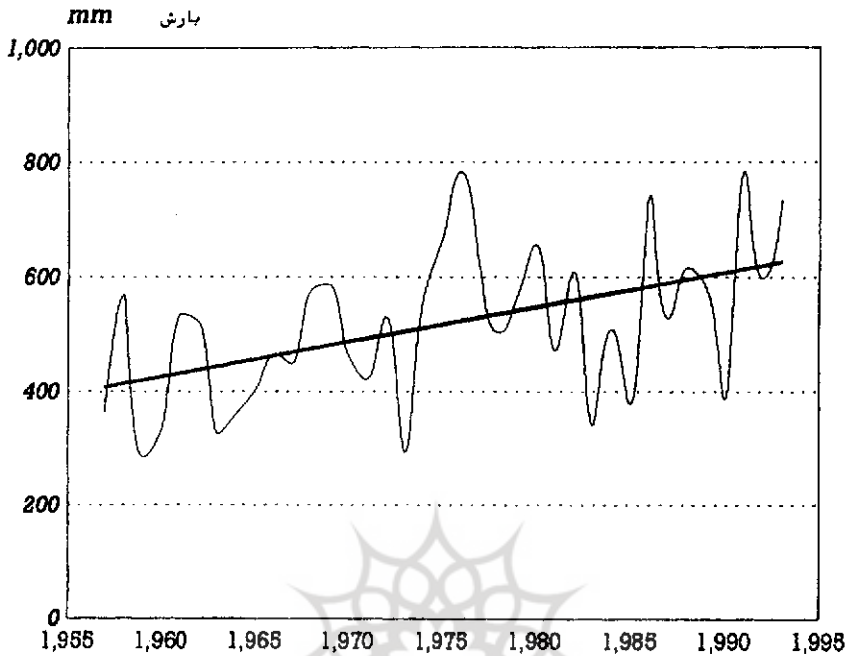
جدول ۱- آزمون روند میانگین مجموع بارش سالانه حوضه آبریز کارون تا شالو (۱۹۹۳-۱۹۵۷)

خطای معیار	مقدار	متغیر
۱/۹۵۲۸۸۹	۵/۸۵۵۹۹۷	سال
۳۸۵۷/۹۸۵۴۳۲	-۱۱۰۴۷/۵۴۷۹۲	عرض از مبدأ

غرب به شمال شرق کاهش می‌یابد و در مرز شرقی کارون به ۳۰۰ میلی‌متر می‌رسد. میانگین بارش سالانه کارون (۱۹۵۷-۱۹۹۳) حدود ۵۱۷ میلی‌متر است و تغییرپذیری زمانی بارش سالانه این حوضه حدود ۲۶ درصد است. سال ۱۹۵۹ با ۲۸۵ میلی‌متر کم‌بارش‌ترین و سال ۱۹۷۶ با ۷۸۲ میلی‌متر پر بارش‌ترین سال طی دوره آماری مورد بررسی بوده است (نمودار ۱). انجام آزمون روند بر روی سری بارش



نقشه ۱- الگوی مکانی میانگین مجموع بارش سالانه حوضه آبریز کارون (۱۹۵۷-۱۹۹۳)

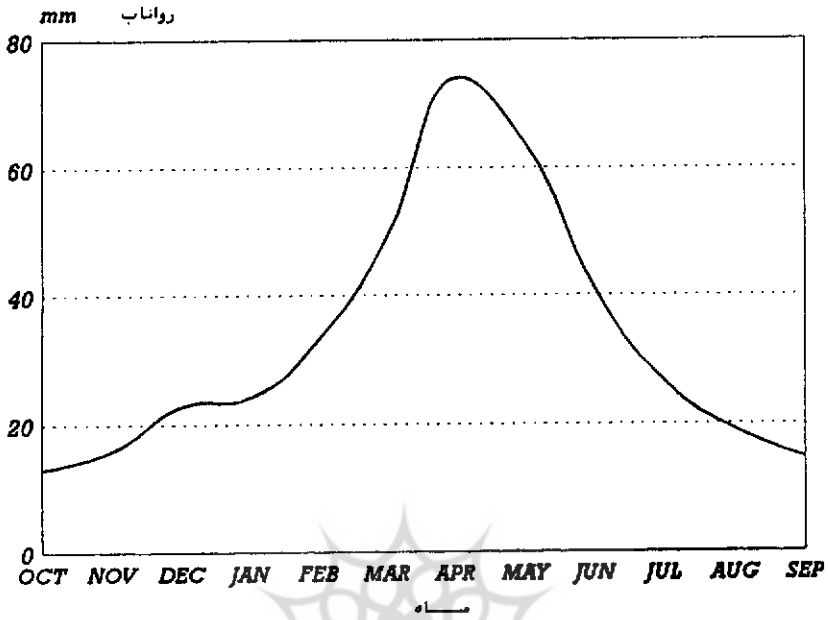


نمودار ۱- نوسان سالانه میانگین بارش حوضه آبریز کارون تا شالو

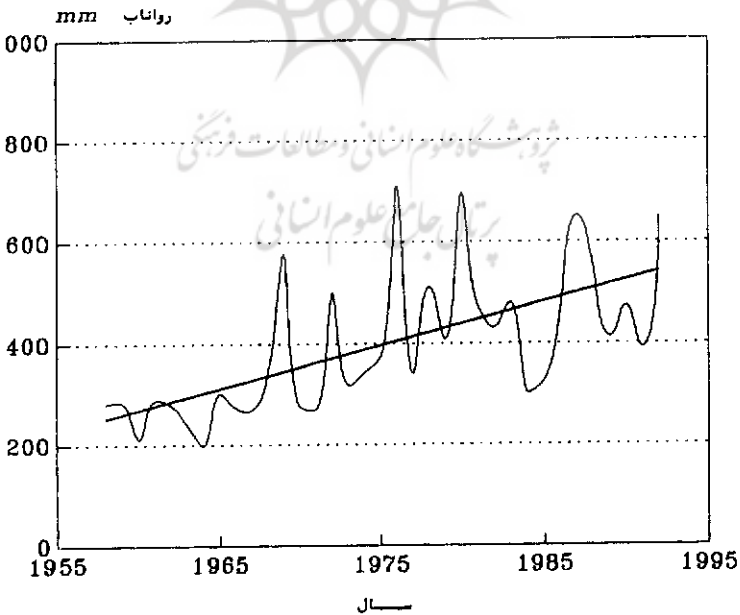
سالانه حوضه نشان می‌دهد که فرض وجود روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد رد نمی‌شود. محاسبات نشان می‌دهد که مقدار بارش سالانه حوضه آبریز کارون با اطمینان ۹۵ درصد بین  $1/9$  تا  $9/8$  میلی‌متر در سال در حال افزایش است (جدول ۱).

### رواناب‌شناسی حوضه آبریز کارون

رژیم جریان حوضه آبریز کارون همانند بیشتر حوضه‌های آبریز ایران زمین بهاره است. کمترین مقدار آبدهی حوضه در اکتبر مشاهده می‌شود. از اکتبر تا آوریل آبدهی حوضه رو به افزایش است و از ۱۳ میلی‌متر به ۷۴ میلی‌متر می‌رسد (نمودار ۲). میانگین ارتفاع رواناب سالانه حوضه حدود ۳۹۷ میلی‌متر است و تغییرپذیری زمانی ارتفاع رواناب ۳۵ درصد است. در سال ۱۹۶۴ ارتفاع رواناب به کمترین مقدار (۱۹۷ میلی‌متر) و در سال ۱۹۷۶ به بیشترین مقدار (۷۳۲ میلی‌متر) در طول دوره آماری مورد بررسی رسیده است (نمودار ۳).



نمودار ۲- الگوی ماهانه رواناب حوضه آبریز کارون تا شالو



نمودار ۳- نوسان سالانه ارتفاع رواناب حوضه آبریز کارون تا شالو

آزمون روند بر روی ارتفاع رواناب سالانه نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد فرض وجود روند رد نمی‌شود (جدول ۲) و مقدار ارتفاع رواناب سالانه بین ۴/۸ تا ۱۲/۴ میلی‌متر در سال در حال افزایش است.

جدول ۲- آزمون روند سری سالانه ارتفاع رواناب حوضه آبریز کارون تا شالو (۱۹۹۳-۱۹۵۷)

متغیر	مقدار	خطای معیار
سال	۸/۶۳۳۱۳۷	۱/۸۷۳۰۰۴
عرض از مبدأ	-۱۶۶۵۳/۸۰۰۳۶	۳۶۹۹/۲۳۲۰۸۹

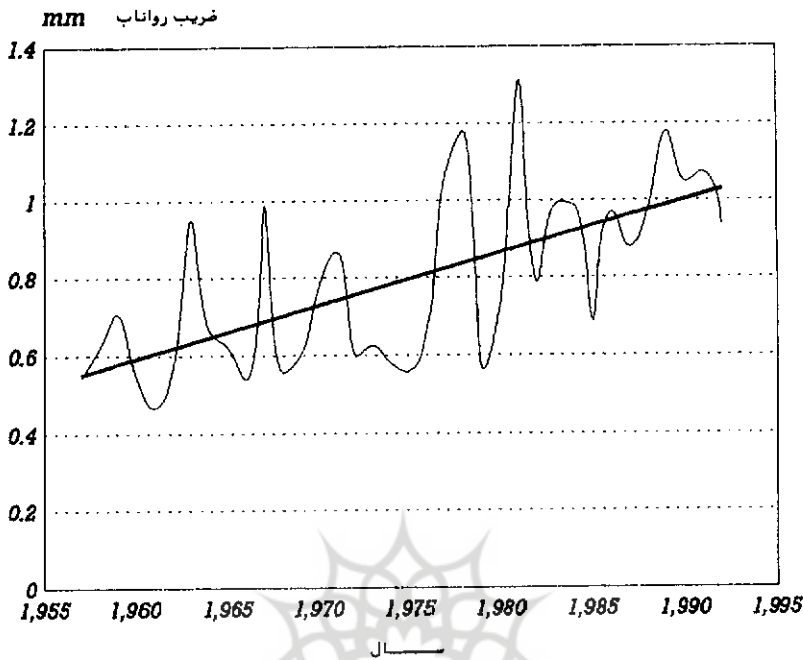
\* ضریب همبستگی ۰/۶۲۵۸۲ \* ضریب تعیین ۰/۳۹۱۶۵ \* تعداد مشاهدات ۳۷

با توجه به برآوردهای نقطه‌ای، شیب روند بارش و رواناب حوضه که به ترتیب حدود ۵/۹ میلی‌متر و ۸/۶ میلی‌متر در سال بوده است، این واقعیت که روند افزایش رواناب از روند افزایش بارش حوضه بزرگتر است می‌تواند این فرض را مطرح سازد که ضریب رواناب حوضه در حال افزایش است.

جدول ۳- آزمون روند سری سالانه میانگین ضریب رواناب سالانه حوضه آبریز کارون (۱۹۹۳-۱۹۵۷)

متغیر	مقدار	خطای معیار
سال	۰/۹۸۶۸۶۷	۰/۳۳۰۷۳۲
عرض از مبدأ	-۱۸۷۱/۱۳۶۸۸۷	۶۵۳/۲۰۵۱۶۰

\* ضریب همبستگی ۰/۴۶۰۹۵ \* ضریب تعیین ۰/۲۱۲۴۸ \* تعداد مشاهدات ۳۷

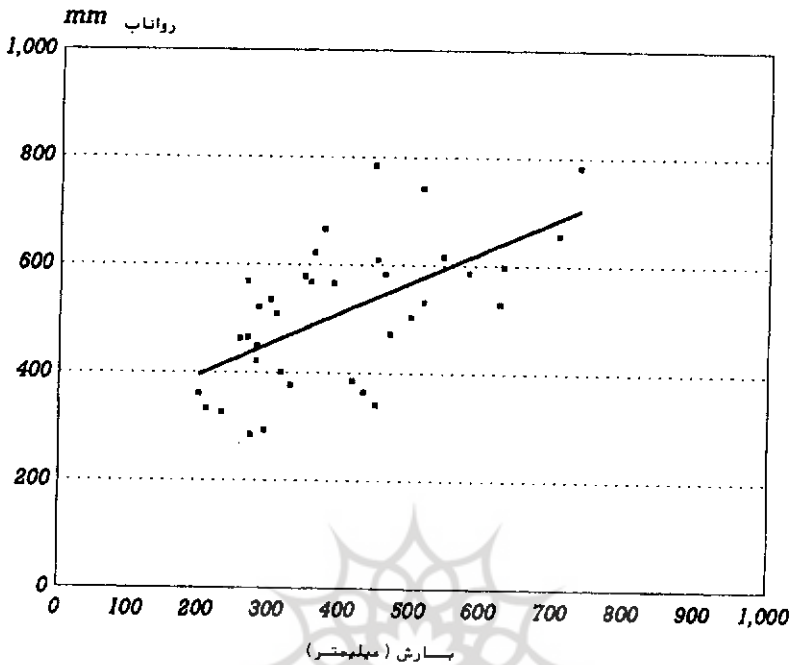


نمودار ۴- نوسان سالانه میانگین ضریب رواناب حوضه آبریز کارون تا شالو

آزمون روند سری سالانه ضریب رواناب حوضه (نمودار ۴ و جدول ۳) فرض وجود روند را رد نمی‌کند و نشان می‌دهد که در سطح اطمینان ۹۵ درصد ضریب رواناب حوضه بین  $0/3$  تا  $1/7$  درصد در سال در حال افزایش است. افزایش ضریب رواناب می‌تواند از تئک شدن پوشش گیاهی (3)، افزایش دمای حوضه و در نتیجه مصرف از ذخیره آبی (4)، تغییر ترکیب بارش حوضه (1) و یا تغییر توزیع فراوانی بارشهای روزانه (2) ناشی شده باشد.

#### رابطه بارش - رواناب در حوضه آبریز کارون

با توجه به این واقعیت که رژیم گرمایی کارون امکان ذخیره آب از سالی به سال دیگر را فراهم می‌آورد کشف رابطه دقیق بارش - رواناب در این حوضه بسیار دشوار است. به ویژه وضعیت ریخت‌شناختی (مرفولوژیک) و ساختار کارستی این حوضه دستیابی به شناختی دقیق از رفتار بارش - رواناب را بسیار پیچیده می‌سازد. با این حال از راه



نمودار ۵- رابطه بارش - رواناب در حوضه آبریز کارون تا شالو (۱۹۵۷-۱۹۹۳)

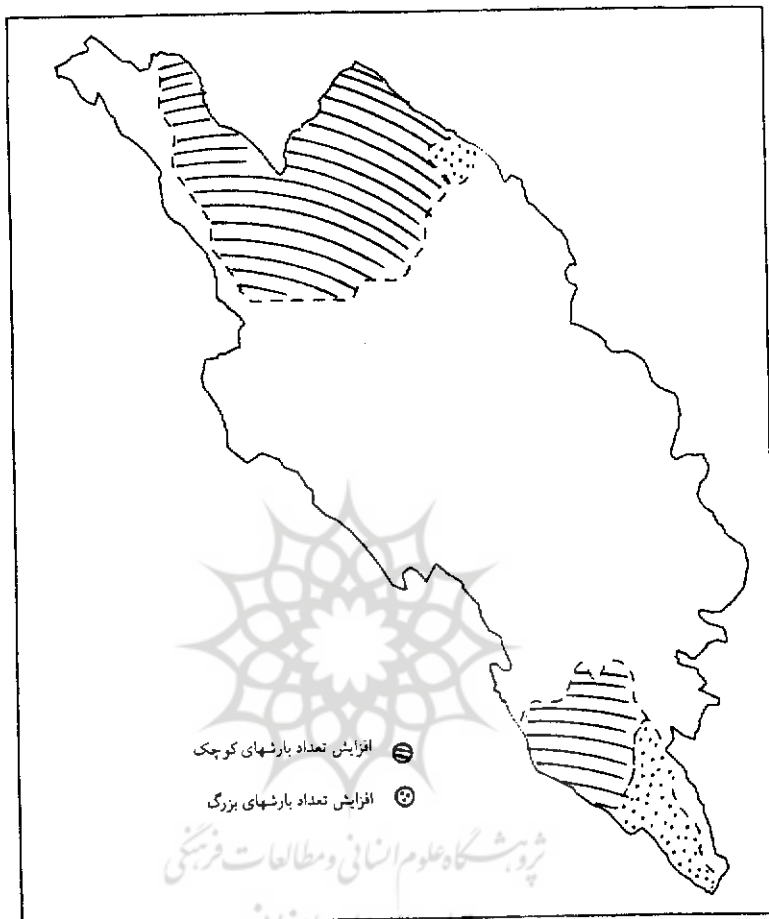
برازش یک مدل خطی به بارش و رواناب سالانه کارون چنین استنباط می‌شود که با اطمینان ۹۵ درصد بین ۳۴ تا ۹۳ درصد بارشهای حوضه به رواناب تبدیل می‌شود. در صورت عدم ریزش بارش در حوضه، مقدار رواناب حوضه در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین صفر (در صورت عدم وجود ذخیره) تا ۲۲۸ میلی‌متر (در صورت وجود ذخیره) برآورد می‌شود (نمودار ۵ و جدول ۴).

جدول ۴- رابطه بارش - رواناب در حوضه آبریز کارون تا شالو (۱۹۵۷-۱۹۹۳)

متغیر	مقدار	خطای معیار
سال	۰/۶۳۴۴۹۵	۰/۱۴۴۱۹۹
عرض از مبدأ	۷۳/۴۹۱۳۴۸	۷۶/۰۲۲۲۴۲

\* ضریب همبستگی ۰/۶۰۲۳۶ \* ضریب تعیین ۰/۳۶۲۸۳ \* تعداد مشاهدات ۳۷



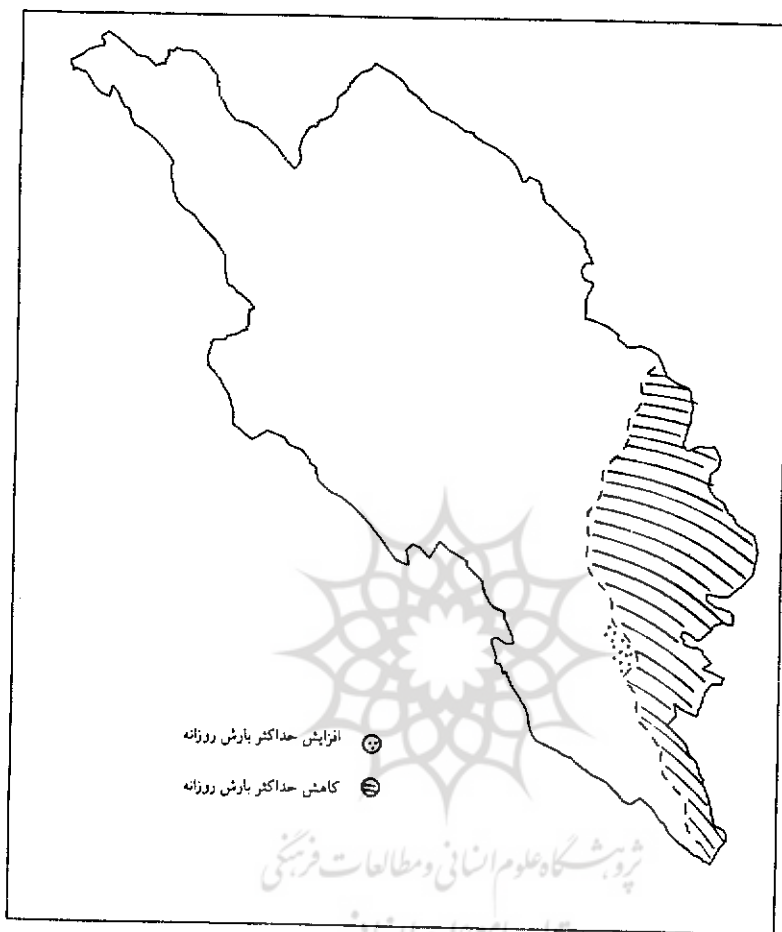


نقشه ۲- الگوی مکانی روند بارشهای روزانه در حوضه آبریز کارون

### بررسی تغییر توزیع فراوانی بارشهای روزانه

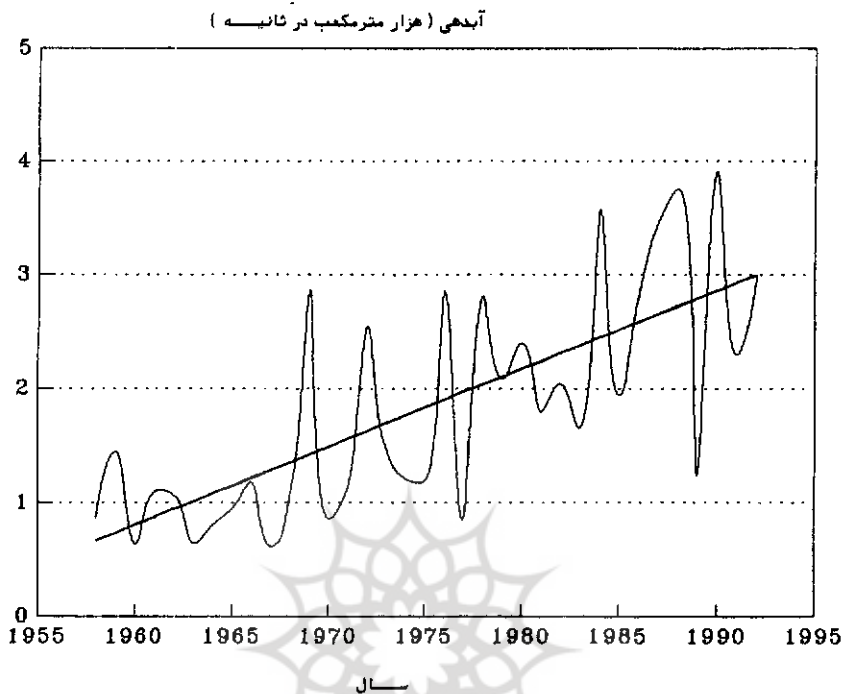
یکی از فرضیاتی که می‌تواند واقعیت افزایش رواناب حوضه آبریز کارون را توضیح دهد افزایش تعداد بارشهای بزرگ نسبت به بارشهای کوچک است. به بیان دیگر افزایش رواناب می‌تواند از تغییر توزیع فراوانی بارشهای روزانه ناشی شده باشد.

از میان شاخص‌های آماری پراکندگی، چولگی شایستگی شناسایی تغییر توزیع فراوانی را دارد. چولگی نشان‌دهنده درجه عدم تقارن توزیع فراوانی داده‌هاست. وجود چولگی مثبت در داده‌ها به معنای فراوانتر بودن مقادیر کوچک نسبت به مقادیر بزرگ



نقشه ۳- الگوی مکانی روند بارشهای فرین روزانه در حوضه آبریز کارون

است. چولگی صفر نشان یک توزیع متقارن است و چولگی منفی نشان می‌دهد که فراوانی مقادیر بزرگ بیش از فراوانی مقادیر کوچک است. بنابراین وجود روند در مقدار چولگی بارشهای روزانه را می‌توان به معنای تغییر توزیع این مقادیر در نظر گرفت. وجود روند افزایشی در چولگی بارشهای روزانه یک محل بدان معناست که با گذشت زمان بر تعداد بارشهای کوچک افزوده می‌شود. برعکس وجود روند کاهشی در چولگی نشان‌دهنده آن است که در طی زمان، فراوانی بارشهای بزرگ افزایش می‌یابد. بر پایه این استدلال برای بررسی تغییر توزیع فراوانی بارشهای روزانه در حوضه



نمودار ۶- نوسان سالانه دبی اوج لحظه‌ای حوضه آبریز کارون تا شالو

آبریز کارون نقشه شیب روند چولگی بارشهای روزانه برای کارون محاسبه شد (نقشه ۲). این نقشه نشان‌دهنده پهنه‌هایی است که با اطمینان ۹۵ درصد چولگی آنها روند افزایشی یا کاهشی داشته است. بررسی این نقشه روشن می‌سازد که طی دوره آماری مورد بررسی در ۷۵ درصد گستره حوضه، توزیع فراوانی بارشهای روزانه با اطمینان ۹۵ درصد تغییری نشان نمی‌دهد. در ۲۲ درصد گستره حوضه، تعداد بارشهای کوچک رو به افزایش بوده است و در ۳ درصد از گستره حوضه، تعداد بارشهای بزرگ افزایش داشته است. نتیجه آنکه نمی‌توان افزایش رواناب را به تغییر توزیع فراوانی بارشهای روزانه حوضه نسبت داد.

فرض دیگری که ممکن است برای توضیح افزایش رواناب حوضه مطرح ساخت آن است که افزایش رواناب نه بر اثر افزایش تعداد بارشهای بزرگ، بلکه بر اثر افزایش مقدار این گونه بارشها پیش آمده باشد. برای آزمودن این فرض نقشه روند بارشهای فرین روزانه

محاسبه گردید (نقشه ۳). این نقشه نشان می‌دهد که در ۸۰ درصد از گستره حوضه، مقدار بارشهای فرین حتی کاهش نیز داشته است. بنابراین روند افزایش رواناب حوضه، احتمالاً از تغییر ویژگیهای سطح زمین ناشی شده است نه از تغییر مشخصه‌های بارش.

### نتیجه‌گیری

رواناب سالانه حوضه آبریز کارون روند افزایشی نشان می‌دهد. بخشی از این افزایش احتمالاً ناشی از روند افزایش بارش سالانه و بخش دیگری از آن شاید حاصل روند افزایشی ضریب این حوضه آبریز است. روند افزایش ضریب رواناب احتمالاً نمی‌تواند از تغییر توزیع فراوانی بارشهای روزانه ناشی شده باشد، بلکه ممکن است تغییر کاربری و از میان رفتن پوشش گیاهی منطقه، افزایش دمای حوضه و یا تغییر ترکیب بارش در ایجاد این روند افزایش نقش داشته باشند. این واقعیت که مقدار سیلابهای کلان حوضه آبریز کارون روند افزایشی دارد (نمودار ۶)، متضمن این هشدار است که تغییر و دخالت در این حوضه باید با نهایت دقت و احتیاط انجام گیرد، تا از تشدید زیانهای ناشی از سیلابها کاسته شود.

### منابع

- 1- Barry, R.G. (1992). *Mountain Weather and Climate*. Routledge.
- 2- Barry, R.G. et al. (1990). *Atmosphere Weather and Climate*. Routledge.
- 3- Goudic, A. (1992). *Environmental Change*. Clarendon press.
- 4- Graedel, T.E. et al. (1993). *Atmospheric Change*. W.H. Freeman company.
- 5- Linacre, E. (1992). *Climate Data and Resources*. Routledge.
- 6- Mitchel, J.F.B. (1989). *The Greenhouse Effect and Climate Change, Rev. Geophys.* 27.