مجله محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۳۶۸۳-۲۴۷۶
Journal of Environment and Water Engineering
ISSN: 2476-3683

# تحلیل فراوانی منطقه‌ای جریان حداقل در بخش‌هایی از حوزه آبخیز کارون شمالی در استان چهار محال و بختیاری

افشین هنربخش، محبوبه چوگان، رفعت زارع بیدکی و مهدی پژوهش

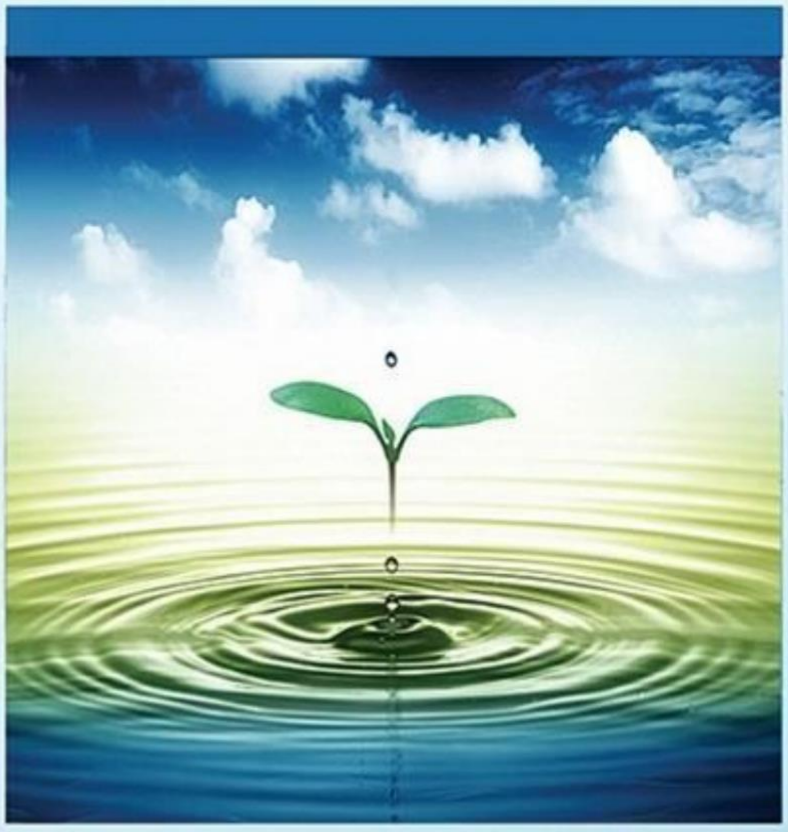
**دوره ۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۲۸۵- ۲۷۴**

**Vol. 4(4), Winter 2019, 274 – 285**

**DOI: 10.22034/jewe.2018.112538.1220**

**Regional Frequency Analysis of Low Flow in Parts of the Northern Karun River Basin in Chaharmahal and Bakhtiari Province**

Honarbakhsh A., Chogan M., Zare Bidaki R. and Pajoohesh M.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

**ارجاع به این مقاله:** هنربخش ا.، چوگان م.، زارع بیدکی ر. و پژوهش م. (۱۳۹۷). تحلیل فراوانی منطقه‌ای جریان حداقل در بخش‌هایی از حوزه آبخیز کارون شمالی در استان چهار محال و بختیاری. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۴، شماره ۴، صفحات: ۲۸۵ – ۲۷۴.

**Citing this paper:** Honarbakhsh A., Chogan M., Zare Bidaki R. and Pazhuhesh M. (2019). Regional frequency analysis of low flow in parts of the northern Karun river basin in Chaharmahal and Bakhtiari Province. J. Environ. Water Eng., 4(4), 274–285. DOI: 10.22034/jewe.2018.112538.1220

www.SID.ir

# تحلیل فراوانی منطقه‌ای جریان حداقل در بخش‌هایی از حوزه آبخیز کارون شمالی در استان چهار محال و بختیاری

**افشین هنربخش [۱*]، محبوبه چوگان [۲]، رفعت زارع بیدکی [۳] و مهدی پژوهش [۳]**

[۱] دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

[۲] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

[۳] استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران

***نویسنده مسئول:** afshin.honarbakhsh@gmail.com

**مقاله اصلی**

**تاریخ دریافت: [۱۳۹۶/۱۰/۰۹]** **تاریخ بازنگری: [۱۳۹۷/۰۶/۱۶]** **تاریخ پذیرش: [۱۳۹۷/۰۷/۱۸]**

## چکیده

خشک‌سالی هیدرولوژیکی موجب کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود. هدف از پژوهش حاضر تحلیل فراوانی منطقه‌ای جریان حداقل در بخش‌هایی از حوزه آبخیز کارون شمالی در استان چهار محال و بختیاری بود. برای این منظور، از اطلاعات ۱۱ ایستگاه هیدرومتری استفاده شد. تعداد ۱۵ ویژگی مختلف فیزیوگرافی، اقلیمی و هیدرولوژیکی حوضه در برآورد جریان حداقل استفاده شدند. در ابتدا ایستگاه‌های هیدورمتری با استفاده از روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به دو گروه همگن تقسیم شدند. سپس با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) از بین ۱۵ ویژگی فیزیوگرافی، اقلیمی و هیدرولوژیکی مهم‌ترین ویژگی‌ها برای هر منطقه انتخاب شد. در نهایت مدل‌های برآورد جریان حداقل هر منطقه با استفاده از روش رگرسیون گام به گام در دوره‌های بازگشت ۲، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله توسعه یافتند. نتایج نشان داد که ویژگی‌های مساحت حوضه با بار وزنی ۰/۳۴۷، ضریب کشیدگی با بار وزنی ۰/۳۹۸، طول حوضه با بار وزنی ۰/۳۲۶ و ضریب گردی با بار وزنی ۰/۳۲۶ مهم‌ترین ویژگی‌ها در برآورد جریان حداقل بودند. به طورکلی همه مدل‌های رگرسیونی-لگاریتمی در دو منطقه برای تمامی دوره‌های بازگشت‌ها با ضریب تعیین بیشتر از ۰/۹۶ کارایی مناسبی در برآورد جریان حداقل داشتند.

**واژه‌های کلیدی:** حوضه ارمند؛ خشک‌سالی هیدرولوژیکی؛ رگرسیون چند متغیره؛ جریان حداقل؛ PCA.

Archive of SID



www.SID.ir

## ۱- مقدمه

کاهش میزان بارندگی و افزایش دما هر یک به تنهایی و یا به کمک هم می‌توانند موجب خشک‌سالی شوند (Miller 1997). خشک‌سالی نشانه روشنی از وجود اختلال در بوم‌سازگان طبیعی است که بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا را با شدت‌های زیاد هر چند سال یک‌بار در بر می‌گیرد (Aciysbi 2004). دوره‌های کم‌آبی و خشک‌سالی باعث آلودگی آب‌ها، آسیب‌های محیط‌زیستی و تاثیرات منفی روی منابع آب آشامیدنی، تأمین آب آبیاری و مدیریت مخازن و منابع آب می‌شوند (Eslamian et al. 2004؛ Bayazidi and Saghafian 2011). بنابراین، برآورد و پیش‌بینی درست از آب قابل دسترس و برنامه‌ریزی مناسب برای مقدار آب موجود یا به اصطلاح مدیریت منابع آب از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در اقلیم‌های مناطقی چون ایران تغییر اندک در مقدار آب‌های ورودی (بارش) می‌تواند تاثیر شدیدی بر پوشش گیاهی و کل بوم‌سازگان داشته باشد که اگر این مسئله با تغییر کاربری اراضی و بهره‌برداری بیش از ظرفیت از منابع آبی همراه شود خطر تخریب و بیابان‌زایی را افزایش خواهد داد (Lazaro et al. 2001).

خشک‌سالی‌های هیدرولوژیکی با کاهش ذخیره‌ی آب دریاچه‌ها، افت سطوح آب زیرزمینی و کاهش جریان آب رودخانه‌ها مشخص می‌شود و ممکن است در طول یک یا چند سال پیاپی اتفاق افتد (Eslamian et al. 2004؛Nosrati 2012). جریان حداقل برای توصیف خشک‌سالی‌های هیدرولوژیکی است که به‌عنوان جریان آب رودخانه در آب و هوای طولانی‌مدت خشک، تعریف می‌شود (Eslamian et al. 2004). تعریف عمومی‌تر از آن کمترین جریان متوسط در چند روز پیاپی در طول یک سال است. معمولاً برآورد نقطه‌ای جریان حداقل در ایستگاه‌هایی که آمار و اطلاعات موجود است، کار دشواری نیست ولی منطقه‌ای کردن جریان حداقل که در واقع برازش توزیع فراوانی و برآورد آمار جریان حداقل در ایستگاه‌های فاقد آمار است، مسئله‌ای است که همواره توجه پژوهشگران را به‌خود جلب کرده است (Eslamian et al. 2012). یافتن رابطه‌ی بین خصوصیات فیزیوگرافی و محیطی حوضه با میزان جریان حداقل و در نهایت ارائه یک مدل کمی می‌تواند در ارزیابی جریان حداقل و آگاهی از خشک‌سالی در آینده بسیار مفید و کارآمد باشد (Saghafian 2006). روش‌های رگرسیون چند متغیره[1]، تجزیه تحلیل خوشه‌ای[2] و تجزیه تحلیل عاملی[3] از جمله روش‌های رایج در مدل‌سازی رابطه میزان جریان حداقل و ویژگی‌های حوضه هستند. روش رگرسیون چند متغیره روش رایجی است که هدف از آن بیان متغیر وابسته به شکل تابعی ریاضی از متغیر(های) مستقل است. در این روش تعداد زیادی از متغیرها را می‌توان به چند عامل کاهش داد و به این طریق خلاصه‌ای از داده‌های اصلی را تهیه نمود. از آنجا که در رگرسیون چند متغیره با افزایش تعداد متغیرها علاوه بر افزایش میزان خطا، معادله رگرسیون چندگانه به‌طور فزاینده‌ای بزرگ می‌شود، لذا استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی بسیار کارآمد خواهد بود. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای تکنیکی است برای گروه‌بندی افراد یا موضوعات طوری که در این گروه‌بندی موضوعات درون گروه شباهت زیادی با هم‌دیگر داشته، اما تفاوت قابل‌توجهی با گروه‌های دیگر دارند. از جمله کاربردهای تجزیه و تحلیل خوشه‌ای دست‌یابی به مناطق همگن از نظر خصوصیات هیدرولوژیکی، زمین شناسی، توپوگرافی و پوشش گیاهی است (Saghafian 2006).

طی سال‌های اخیر مطالعات گسترده‌ای در ایران و جهان برای یافتن رابطه بین ویژگی‌های حوضه و جریان حداقل در حوزه‌های آبخیز انجام شده است از جمله Mirza-Hosseini et al. (2010)جهت تحلیل منطقه‌ای جریان حداقل در استان مازندارن از آمار ۲۴ ایستگاه هیدومتری استفاده کردند. پس از بررسی سری‌های جریان کم ۷ روزه، مناسب‌ترین توزیع بر داده‌ها توزیع لوگ پیرسون بوده که در دوره بازگشت‌های مختلف برآورد گردید. Nejadroshan et al. (2010) از آمار ۱۹ ایستگاه هیدرومتری واقع در شمال شرق خراسان رضوی برای تحلیل جریان‌های حداقل استفاده و ضمن محاسبه سری‌های جریان حداقل سالانه با تداوم‌های ۷، ۱۵ و ۳۰ روزه، هشت تابع توزیع آماری بر داده‌ها برازش دادند. نتایج نشان داد که از بین ۱۶ ویژگی فیزیوگرافی، اقلیمی و زمین شناسی برای حوضه مورد مطالعه سه ویژگی مساحت، بارندگی متوسط سالانه و

1. Multiple Regression
2 . Cluster Analysis
3 . Factor Analysis



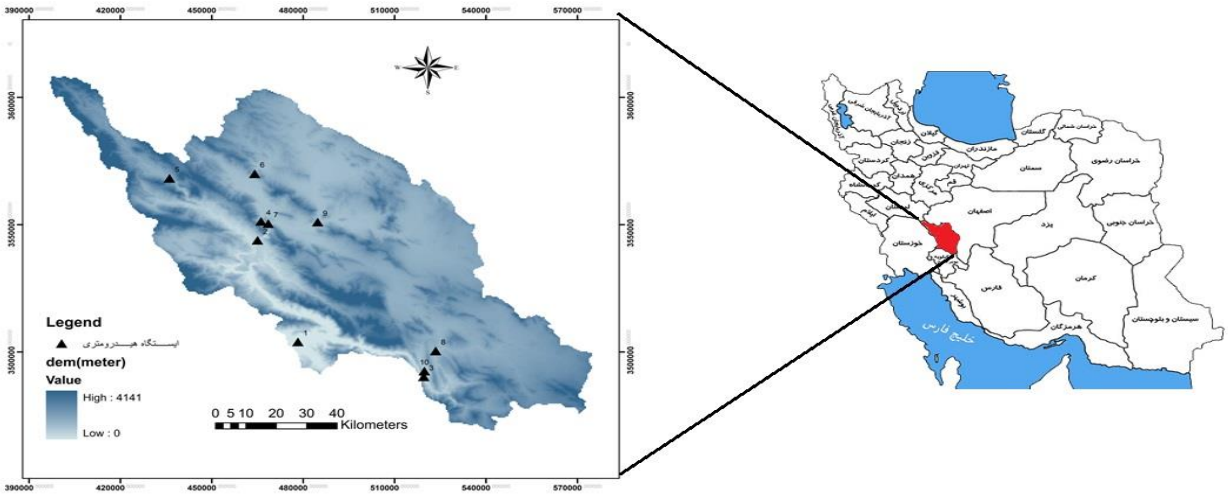
www.SID.ir
Archive of SID

درصد سازند نفوذپذیر به‌عنوان مهم‌ترین عوامل خشک‌سالی هیدرولوژیکی شناخته شدند. Zare-Chahouki et al. (2013) به‌منظور برآورد جریان حداقل حوزه‌های آبخیز بدون آمار از میان ۱۱ متغیر فیزیوگرافی و اقلیم چهار عامل مساحت حوزه آبخیز ، طول آبراهه اصلی، شیب آبراهه اصلی و بارندگی متوسط سالانه را به‌عنوان عوامل مهم انتخاب نمودند و با استفاده از روش رگرسیون چند متغیره غیر خطی مدل برآورد جریان توسعه یافت.Laha and Bloschl (2007) با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری ۳۲۵ زیرحوضه در حوزه-های آبخیز اتریش یک مدل رگرسیون بین جریان حداقل و ویژگی‌های حوضه ایجاد کردند. Rajib et al. (2013) برای محاسبه خشک‌سالی هیدرولوژیکی و جریان حداقل در دو حوضه هند و ایالت متحده آمریکا برای کاهش ابعاد متغیرهای هیدرولوژیکی از روش تحلیل مولفه اصلی (PCA) استفاده کردند و سه عامل رطوبت خاک، مقدار رسوب و بارندگی را به‌عنوان متغیرهای مهم معرفی کردند. با توجه به وقوع خشک-سالی‌های اخیر، کاهش بارندگی، افزایش جمعیت و سایر عوامل مرتبط و همچنین اهمیت حوزه آبخیز کارون شمالی در تأمین آب مورد نیاز برای کشاورزی و جمعیت ساکن در پایین‌دست حوضه، ضرورت مطالعه جریان‌های حداقل در این حوزه آبخیز آشکار می‌گردد. از این‌رو، هدف از این پژوهش تحلیل فراوانی جریان‌های حداقل در بخش‌هایی از حوزه آبخیز کارون شمالی و توسعه مدل‌های رگرسیونی برآورد جریان‌های حداقل در دوره بازگشت‌های مختلف است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کارون شمالی در محدوده جغرافیایی '۴۹°۳۴ تا '۵۱°۴۷ طول شرقی و '۳۱°۱۸ تا '۳۲°۴۰ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). این حوضه از سمت شمال و شمال شرق به حوزه آبخیز سد زاینده رود، از شمال غرب به حوضه رودخانه دز، از جنوب به حوزه آبخیز رودخانه خرسان و از جنوب و غرب به بخش‌هایی از حوزه آبخیز کارون بزرگ محدود می-گردد. حوضه بالادست ارمند شامل زیرحوضه‌های بهشت آباد، ونک، کارون میانی، و کوهرنگ است. این حوضه عمدتاً دارای رژیم برفی است و مساحتی حدود $11000\ km^2$ دارد. متوسط بارندگی سالانه این حوضه حدود ۷۵۰ mm، حداکثر ارتفاع این حوضه از سطح آب‌های آزاد ۴۱۴۱ m و کمترین ارتفاع آن ۱۰۴۴ m است.




شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و ۱۱ ایستگاه هیدرومتری

Fig. 1 Location of study area and 11 hygrometry stations

Archive of SID



www.SID.ir

### ۲-۲- ایستگاه های هیدرومتری

از ۳۷ ایستگاه هیدرومتری موجود در منطقه، ۱۱ ایستگاه برای انجام تحلیل فراوانی منطقه‌ای انتخاب شدند که مشخصات فیزیوگرافی و هیدرولوژی آن‌ها در جدول (۱) و موقعیت آن‌ها در شکل (۱) آورده شده است. برای انتخاب ایستگاه‌های هیدرومتری کفایت آماری داده‌ها در نظر گرفته شد، لذا ایستگاه‌های دارای دوره آماری ۲۱ ساله (۱۳۷۰-۱۳۹۰) انتخاب شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیوگرافی ایستگاه‌های استفاده شده در منطقه مورد مطالعه

Table 1 Physiography characteristics of the stations in the study area

| Station | Armand | Behesht | Korebas | Solgan | Zarin Derekht | Koh Sukhte | Kharaji | Gerd Bishe | Dazk Abad | Tang Darksh | Tang Parinjan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elevation (m) | 1060 | 2035 | 1800 | 2080 | 1760 | 1975 | 1990 | 1820 | 2190 | 2000 | 2030 |
| Area ($km^2$) | 8207 | 3880 | 2873 | 2294 | 394 | 2901 | 2577 | 69 | 585 | 904 | 371 |
| Round (km) | 550 | 330 | 333 | 303 | 100 | 318 | 290 | 46 | 159 | 153 | 104 |
| Canal length(km) | 177 | 94 | 99 | 67 | 34 | 85 | 68 | 16 | 60 | 55 | 33 |
| Watershed length (km) | 131 | 75 | 56 | 54 | 27 | 74 | 62 | 22 | 56 | 45 | 27 |
| Form coefficient | 0.263 | 0.440 | 0.291 | 0.499 | 0.345 | 0.398 | 0.577 | 0.257 | 0.162 | 0.311 | 0.445 |
| Compactness coefficient | 1.712 | 1.494 | 1.752 | 1.784 | 1.421 | 1.665 | 1.611 | 1.562 | 1.851 | 1.432 | 1.523 |
| Round coefficient | 0.341 | 0.448 | 0.326 | 0.314 | 0.495 | 0.362 | 0.385 | 0.410 | 0.292 | 0.482 | 0.431 |
| coefficient Elongation | 0.777 | 0.932 | 1.079 | 1.004 | 0.822 | 0.822 | 0.919 | 0.432 | 0.490 | 0.762 | 0.820 |
| Drainage density | 0.230 | 0.919 | 0.201 | 0.203 | 0.240 | 0.198 | 0.203 | 0.204 | 0.190 | 0.177 | 0.120 |
| Average slope | 1.13 | 0.56 | 1.21 | 1.36 | 0.95 | 0.92 | 1.13 | 6.16 | 1.45 | 1.04 | 1.62 |
| Watershed average slope | 22.99 | 9.39 | 17.17 | 15.75 | 16.91 | 17.76 | 13.87 | 27.00 | 35.59 | 22.61 | 17.30 |
| Watershed (m)elevation | 2420 | 2317 | 2519 | 2513 | 2044 | 2290 | 2291 | 232 | 2906 | 2398 | 2327 |
| Concentration (hr)time | 20.02 | 16.15 | 12.54 | 8.93 | 6.01 | 22.39 | 9.60 | 1.67 | 7.93 | 8.30 | 4.77 |
| Rainfall (mm) | 509 | 379 | 485 | 465 | 519 | 348 | 322 | 530 | 1037 | 500 | 409 |

اطلاعات فیزیوگرافی، هیدرولوژیکی و اقلیمی مربوط به زیرحوضه‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، شبکه آبراهه و داده‌های اقلیمی فراهم گردید. ارتفاع، مساحت و محیط حوضه‌ها از روی نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و با استفاده از نرم‌افزار ArcGis (نسخه ۹,۳) به‌دست آمد. شکل حوضه با استفاده از روابط گراویلیوس (رابطه۱) و هورتون (رابطه ۲) محاسبه شد.

$$C = 0.28\frac{p}{\sqrt{A}} \quad (۱)$$

$$R = \frac{A}{L^2} \quad (۲)$$



Archive of SID
www.SID.ir

که در آن‌ها C ضریب گردی یا گراویلیوس، P محیط حوضه بر حسب km، A مساحت حوضه بر حسب $km^2$، R ضریب شکل حوضه (بدون بعد) و L طول حوزه آبخیز بر حسب km است. شیب متوسط آبراهه‌ها و حوضه‌ها با استفاده از نقشه DEM در محیط ArcGis استخراج و سپس درمحیط Excel پروفیل طولی ترسیم و شیب وزنی آبراهه اصلی محاسبه گردید.

**۲-۳- تحلیل فرآوانی منطقه‌ای**

در این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار HYFA جریان‌های حداقل با دوره بازگشت‌های ۲، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله در نظر گرفته شد. برای این منظور بعد از محاسبه مقادیر جریان حداقل با دوره بازگشت‌های مختلف مجموع مربعات خطا در تمامی دوره بازگشت‌ها و برای هر ایستگاه محاسبه شد و سپس قضاوت در مورد انتخاب توزیع‌ها در هر ایستگاه بر اساس این مقادیر صورت گرفت. در مجموع توزیعی که کمترین مقدار مربعات خطا را در تمامی دوره بازگشت‌ها داشت به‌عنوان توزیع مناسب در آن ایستگاه برگزیده شد. تحلیل فراوانی منطقه‌ای شامل مراحل مختلفی بود از جمله: (۱) تشخیص مناطق همگن، (۲) انتخاب بهترین توزیع منطقه‌ای، (۳) برآورد ویژگی برای توزیع‌های منتخب و (۴) مدل‌سازی جریان حداقل با استفاده از مشخصات فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه.

در ابتدا ویژگی‌های فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی مؤثر بر جریان حداقل با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تعیین شدند. برای انجام تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ابتدا داده‌ها از نظر فرضیات کلی شامل آزمون نرمال بودن، تست KMO و کرویت بارتلت ارزیابی شدند. در مرحله بعد همگنی حوزه آبخیز با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای ارزیابی شد. در تحلیل خوشه‌ای پس از استاندارد کردن داده‌ها به روش Z-SCORE، گروه‌بندی با روش طبقاتی تجمعی و محاسبه فاصله اقلیدسی به روش ward انجام شد. همگنی داده‌ها با آزمون ران‌تست انجام شد. با انجام این آزمون مشخص شد که تمامی ایستگاه‌ها همگن هستند. به‌تدریج زیر حوضه‌های مشابه طی فرآیند جمع‌آوری در یک گروه با هم ادغام شدند. در نهایت با روش گرافیکی و دیداری، حوضه‌های همگن تعیین شدند. در مرحله بعد با استفاده از ویژگی‌های مشخص شده در هر حوضه همگن با استفاده از روش رگرسیونی گام به گام اقدام به توسعه مدل رگرسیونی شد. تحلیل مانده‌ها با استفاده از رابطه (۳) و تعیین صحت مدل‌های رگرسیون چند متغیره با استفاده از آماره‌های مختلفی از جمله آماره دوربین-واتسون، عامل تورم واریانس (VIF) (رابطه ۵) و ضریب تعیین ($R^2$) (رابطه ۶)، به‌شرح زیر انجام شد:

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} = 1 - \frac{SSE}{SST} \qquad (۳)$$

در این رابطه SSR مجموع مربعات مربوط به مدل و SST کل مجموع مربعات است. هر چه مقدار $R^2$ به یک نزدیک باشد کارایی مدل بیشتر است بدین معنی‌که متغیر X بخش بیشتری از تغییرات Y را تبیین می‌کند (رابطه ۴).

$$e_1 = Y_i - \acute{Y}_i \qquad (۴)$$

که در این رابطه، $Y_i$ مقدار مشاهده شده برای متغیر وابسته و $\acute{Y}_i$ مقدار برآورده شده توسط مدل است. هرچقدر مقدار مانده به صفر نزدیکتر باشد کارایی مدل بیشتر است. عامل تورم واریانس که وجود هم‌راستایی بین متغیرهای مستقل را نشان می‌دهد در رابطه (۵) آمده است:

$$VIF = \frac{1}{1-R_j^2} \qquad (۵)$$

که در این رابطه، VIFعامل تورم واریانس و $R^2$ضریب تعیین است. مقادیر بالای ۵ برای عامل تورم واریانس نشان دهنده وجود مسئله هم‌راستایی بین متغیرهای مستقل در رابطه رگرسیون است (Ourda and Shu 2009). تحلیل چند متغیره، تحلیل‌خوشه‌ای و رگرسیون چند متغیره با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه (۱۷,۰) و Minitab (نسخه ۱۶) انجام شد. نمایه‌های ضریب تعیین ($R^2$) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) برای ارزیابی مدل‌ها استفاده شد (رابطه ۷). هرچه که مقدار ضریب تعیین زیاد و مقدار خطا کم باشد، می‌توان نتایج دقیق‌تر و قابل اعتمادتری به دست آورد.

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n}\left(O_i - \overline{O_i}\right)\left(P_i - \overline{P_i}\right)\right]^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(O_i - \overline{O_i}\right)^2 \sum_{i=1}^{n}\left(P_i - \overline{P_i}\right)^2} \qquad (۶)$$

Archive of SID
www.SID.ir

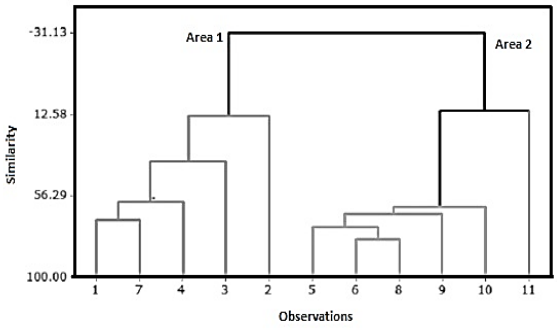
$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}\right)} \quad (۷)$$

در روابط (۶ و ۷)، $R^2$ ضریب تعیین و RMSE جذر میانگین مربعات خطا، $O_i$ مقدار مشاهده شده دبی رودخانه در گام زمانی i ام، $P_i$ مقدار دبی تخمین زده (برآورد شده) و n تعداد داده‌ها است.

## ۳- یافته‌ها و بحث

روش حداقل واریانس ward برای طبقه‌بندی زیرحوضه‌ها به گروه‌های مشابه بر اساس خصوصیات فیزیوگرافی به کار گرفته شد. بر اساس این روش منطقه به دو زیر حوضه همگن تقسیم شد. شکل (۲) نمودار خوشه‌ای برای زیرحوضه‌ها را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. در منطقه اول ایستگاه‌های تنگ درکش ورکش، دزک آباد، گرد بیشه، زرین درخت و تنگ پردنجان و در منطقه دوم ایستگاه‌های سولگان، خراجی، کوه سوخته، بهشت آباد و پل کره بس قرار گرفتند. به‌منظور دستیابی به مقادیر جریان حداقل سالیانه، میانگین متحرک ۷ روزه جریان در هر سال آبی برای تک‌تک ایستگاه‌های هیدرومتری محاسبه گردید. بنابر نتایج Eslamian et al. (2004)، انتخاب مقاطع ۷ روزه، نوسانات روزانه جریان رودخانه را کاهش می‌دهد. همچنین آنها نشان دادند که در مقایسه با جریان حداقل ۱ روزه، تحلیل‌هایی که با استفاده از جریان حداقل ۷ روزه صورت می‌گیرد حساسیت کمتری نسبت به خطای اندازه‌گیری دارد. به‌علاوه، جریان حداقل ۷ روزه شاخص خوبی برای نشان دادن شرایط خشک‌سالی است و می‌تواند به‌طور بسیار مؤثری برای مدیریت منابع آب مورد استفاده قرار گیرد. تحلیل فراوانی ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در منطقه همگن ۱ نشان داد که در بیشتر موارد توزیع گامای ۲ پارامتری بهترین توزیع است و از این رو توزیع فوق برای این منطقه انتخاب و جریان‌های حداقل ۷ روزه با دوره‌های بازگشت مختلف برآورد گردید. برای منطقه همگن ۲ توزیع لوگ نرمال ۲ پارامتری در اکثر موارد بهترین توزیع در ایستگاه‌های این منطقه بود و بنابراین به‌عنوان بهترین توزیع برای این منطقه در نظر گرفته شد و جریان‌های حداقل ۷ روزه با دوره‌های بازگشت مختلف برآورد گردید.

نتایج حاصل از گزارش سازمان آب منطقه استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که منطقه ۱ با وجود این‌که دارای اقلیم مرطوب‌تر (میزان بارندگی زیر حوضه‌ها بالاتر از ۵۰۰ mm) نسبت به منطقه ۲ (میزان بارندگی زیرحوضه‌ها کمتر از ۵۰۰mm) است ولی با این وجود از حساسیت بالاتری نسبت به شرایط بحرانی و وقوع خشکسالی برخوردار است که این مساله ممکن است به دلیل شیب زیاد (بالای ۱۵٪) منطقه باشد که باعث می‌شود رواناب‌های ناشی از بارش به سرعت از منطقه خارج شوند. بنابراین، این بخش از منطقه مورد مطالعه از جهت ضرورت توجه به مدیریت منابع آبی و تدوین سیاست‌های مدیریتی برای حفاظت از منابع آبی در شرایط وقوع خشک‌سالی در اولویت قرار می‌گیرد (Samadi-Boroujeni and Abrahamid 2011).




شکل ۲- نمودار خوشه‌ای برای زیرحوضه‌ها در منطقه مورد مطالعه

Fig. 2 Cluster diagram for sub-basins in the study area

جهت انتخاب خصوصیات فیزیوگرافی مهم برای ایجاد معادلات منطقه‌ای در حوضه مورد مطالعه ۱۵ ویژگی فیزیوگرافی و اقلیمی (جدول ۱) استفاده شد. کثرت و تنوع چنین متغیرهای مستقلی تاکنون در تعداد محدودی مطالعه دیده می‌شود، چنانکه Rostami (2002) تعداد ۲۰ ویژگی، Vafakhah and Ayubzadeh (2000) تعداد ۱۴ ویژگی، Nejadroshan et al. (2010) تعداد ۱۶ ویژگی و Zare-Chahouki et al. (2013) تعداد ۱۱ ویژگی را به‌عنوان متغیرهای مستقل در برآورد ویژگی‌های هیدرولوژیکی حوضه مد نظر قرار دادند. شکل (۲) و جدول (۲) به‌ترتیب نمودار و مقادیر تحلیل مولفه اصلی (PCA) برای مناطق ۱ و ۲ را نشان می‌دهد.



Archive of SID
www.SID.ir

در منطقه ۱ از بین ۱۵ ویژگی حوضه مساحت (A) با بار وزنی ۰/۳۴۷، طول حوضه (Lc) با بار وزنی ۰/۲۹۲، شیب متوسط حوضه (S) با بار وزنی ۰/۲۸۱، ضریب کشیدگی (BE) ۰/۳۹۸ و محیط حوضه (P) با بار وزنی ۰/۲۸۳ به‌عنوان مهمترین ویژگی‌های فیزیوگرافی انتخاب شده و در مرحله بعد به معادلات منطقه‌ای وارد گردیدند (شکل ۳ و جدول ۲).

برای ایجاد معادلات در منطقه ۲، ویژگی‌های بارندگی سالانه (R) با بار وزنی ۰/۳۰۱، طول حوضه (Lc) با بار زونی ۰/۳۲۶، ضریب گردی (BC) با بار وزنی ۰/۳۲۶، محیط حوضه (P) با بار وزنی ۰/۴۲۰ و مساحت حوضه (A) با بار وزنی ۰/۳۱۰ برای ورود به مدل‌ها انتخاب گردیدند (شکل ۳ و جدول ۲).

Zare-Chahouki et al. (2013) نیز به‌منظور برآورد مدل منطقه‌ای جریان حداقل در حوزه‌های آبخیز بدون آمار در ایران مرکزی از میان ۱۱ متغیر فیزیوگرافی و اقلیمی چهار عامل مساحت حوزه آبخیز ، طول آبراهه اصلی،شیب آبراهه اصلی و بارندگی متوسط سالانه را عنوان عوامل مهم و تاثیرگذار بر جریان‌های حداقل دانست.

جدول ۲- نتایج تحلیل مولفه اصلی (PCA) مناطق همگن ۱ و ۲

Table 2 Principal component analysis (PCA) for homogeneous regions 1 and 2

| Properties | Homogenies area 1 | | Homogenies area 2 | |
|---|---|---|---|---|
| | PC1 | PC2 | PC1 | PC2 |
| H | 0.306 | 0.066 | -0.083 | -0.325 |
| A | 0.180 | 0.347 | -0.310 | 0.186 |
| P | 0.268 | 0.283 | 0.121 | 0.420 |
| Ls | 0.292 | 0.232 | 0.135 | 0.313 |
| Lc | 0.327 | 0.115 | 0.326 | 0.028 |
| F.F | -0.282 | 0.254 | 0.015 | 0.409 |
| Cc | 0.287 | 0.202 | -0.326 | -0.077 |
| BC | -0.271 | 0.246 | -0.326 | -0.060 |
| BE | -0.138 | 0.398 | -0.202 | 0.255 |
| Dd | -0.80 | -0.202 | -0.316 | -0.145 |
| S | 0.281 | -0.246 | -0.306 | -0.133 |
| Z | 0.331 | 0.096 | -0.263 | 0.231 |
| Tc | 0.225 | 0.323 | 0.287 | 0.259 |
| R | 0.311 | 0.134 | 0.210 | 0.301 |
| Ss | -0.113 | -0.295 | -0.343 | 0.058 |

در شکل (۳)، ارتفاع حوضه (H)، مساحت حوضه (A)، محیط حوضه (P)، طول آبراهه (Ls)، طول حوضه (Lc)، ضریب فرم(F.F)، ضریب فشردگی (Cc)، ضریب گردی (BC)، ضریب کشیدگی (BE)، تراکم زهکشی (Dd)، شیب متوسط آبراهه (Ss)، شیب متوسط حوضه (S)، ارتفاع متوسط حوضه (Z)، زمان تمرکز (Tc) و بارندگی سالانه حوضه (R) عامل مساحت و شیب حوضه از عوامل مؤثر در معادلات برآورد جریان‌های حداقل در بسیاری از مطالعات بوده‌اند (Nejadroshan et al. 2010؛ Zare-Chahouki et al. 2013).

شیب متوسط حوضه تاثیر فراوانی در زهکشی حوضه ایفا می‌کند. زیر حوضه‌های منطقه اول با شیب تند و مساحت کم مشخص شدند از این رو دو عامل شیب متوسط حوضه و طول حوضه به‌عنوان دو عامل مهم و تاثیر گذار در روابط منطقه‌ای جریان حداقل در این منطقه وارد گردیدند. شیب زیاد زیر حوضه‌ها در این بخش از منطقه مورد مطالعه رابطه‌ی عکس با مقادیر جریان حداقل دارد به طوری که با افزایش شیب رودخانه‌ها سرعت زهکشی افزایش پیدا کرده است..

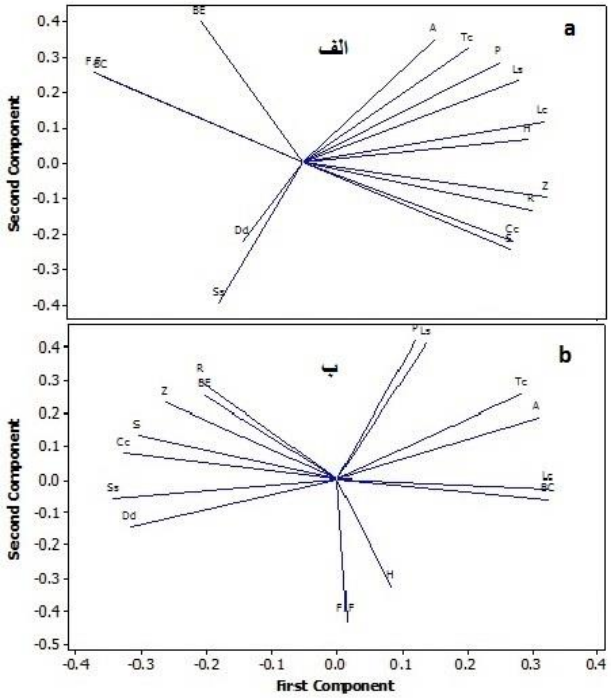
### ۳-۱- جریان حداقل و دبی

جدول (۳) روابط رگرسیونی لگاریتمی در برآورد جریان حداقل ۷ روزه در دوره‌های بازگشت مختلف برای دو منطقه همگن ۱ و ۲ را نشان می‌دهد. در همه معادلات توسعه یافته برای هر دو منطقه مقدار ضریب تعیین بیشتر از ۹۵ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

است که کارایی بسیار بالای این مدل‌ها را نشان می‌دهد. همچنین مقدار آماره تورم واریانس (VIF) در همه معادلات در دو منطقه کمتر از ۵ است که عدم وجود هم‌راستایی در متغیرهای مستقل (ورودهای مدل) را نشان می‌دهد.




شکل ۳- نمودار تحلیل مولفه اصلی (PC) برایالف- منطقه ۱ و ب- منطقه ۲

Fig. 3 Principal component analysis (PC) for Regions 1 (a) and Area 2 (b)

ارزیابی مدل‌ها با استفاده از معیار RMSE نشان داد که برای منطقه ۱ مقدار RMSE از مقدار ۰/۱۸ تا $m^3/s$ ۰/۳۷ و برای منطقه ۲ تغییرات آن از ۰/۱۰ تا $m^3/s$ ۰/۲۲ متغیر بود. در منطقه ۱ عامل مساحت به‌طور مستقیم فقط در مدل توسعه یافته دوره بازگشت دو ساله (رابطه ۸) وارد گردید اما در سایر مدل‌ها (مربوط به دیگر دوره بازگشت‌ها) اثر خود را به شکل ویژگی طول حوضه به صورت غیر مستقیم نشان داد (جدول ۳).

ویژگی طول حوضه به‌عنوان مهمترین متغیر در تمامی دوره بازگشت‌ها در منطقه ۱ در مدل‌ها وارد گردید (جدول ۳). یکی دیگر از ویژگی‌هایی که در تولید جریان حداقل در منطقه ۱ نقش بسزایی دارد محیط حوضه است که در دوره بازگشت-های طولانی (۵۰ ساله) به‌عنوان یکی از ویژگی‌های اصلی وارد مدل شده است. این ویژگی به‌عنوان یکی از عوامل تاثیرگذار بر جریان‌های حداقل در منطقه ۱، نتیجه‌ای جدید در مطالعه حاضر است. بطورکلی ویژگی‌هایی که در روابط منطقه‌ای جریان حداقل در بخش ۱ از حوضه مورد مطالعه وارد شده‌اند ویژگی‌هایی هستند که عموماً در مطالعات سایر محققین نیز به‌عنوان عوامل اصلی در تولید جریان‌های حداقل رودخانه‌ای نقش داشته‌اند. از جمله Cornel et al. (2005) نشان دادند که عامل شیب متوسط حوضه در اغلب روابط جریان حداقل معنی‌دار بوده است. Vogel et al. (1996) مساحت و شیب متوسط حوضه‌ها را از عوامل اصلی مؤثر بر آماره‌های جریان کم دانستند. Shamaezadeh (2008) شیب متوسط حوضه را از عوامل مؤثر بر مقادیر جریان حداقل در حوزه آبخیز کارون شمالی دانست.

جدول ۳- روابط رگرسیونی لگاریتمی در برآورد جریان حداقل ۷ روزه در دوره‌های بازگشت مختلف برای دو منطقه همگن ۱ و ۲

Table 3 Logarithmic regression relations for the estimation of a minimum 7-day flow in different return periods for homogeneous regions (1 and 2)

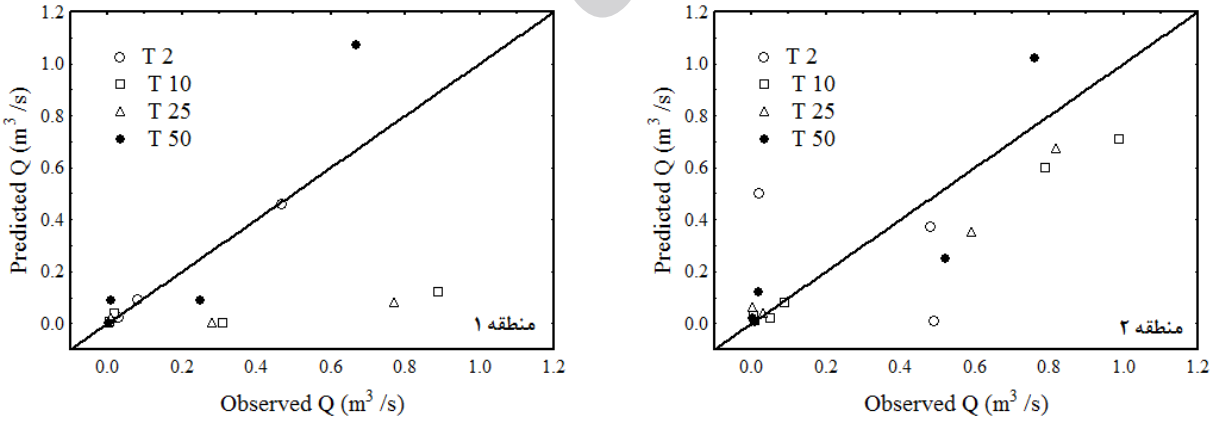
| Equation | $R^2$ | SE | VIF | |
|---|---|---|---|---|
| Area 1 | | | | |
| Log (Q7,2) =-4.368 – 863. Log (A)+ 6.77 Log (BE) | 0.99 | 0.08 | 1.53 | (8) |
| Log (Q7,10) = -8.343 + 0.429 Log (S) + 3.883 Log (Lc) | 0.99 | 0.07 | 1.33 | (9) |
| Log (Q7, 25) = - 9.483 + 0.492 Log (S) + 4.381 Log (Lc) | 0.99 | 0.05 | 1.33 | (10) |
| Log (Q7,50) = -9.770 + 11.766 Log (Lc) - 4.880 Log ( P) | 0.96 | 0.34 | 3.83 | (11) |
| Area 2 | | | | |
| Log (Q7,2) = -62.178 + 14.947 Log (R) + 12.716 Log (Lc) | 0.99 | 0.08 | 1.72 | (12) |
| Log (Q7,10) = 43.503 – 9.828 Log (A) + 22.850 Log (BC) | 0.98 | 0.15 | 2.81 | (13) |
| Log (Q7,25) = 43.503 – 9.676 Log (A) + 25.661 Log (BC) | 0.99 | 0.10 | 2.81 | (14) |
| Log (Q7,50) = 37.886 – 7.973 Log (A) + 26.589 Log (BC) | 0.99 | 0.30 | 2.81 | (15) |



www.SID.ir

با وجود این‌که در منطقه ۱ شیب حوضه یکی از عوامل اصلی در مدل بود در روابط جریان حداقل منطقه ۲ معنی‌دار نشد که علت این امر را می‌توان در تفاوت توپوگرافی در دو منطقه دانست به طوری که منطقه ۲ دارای شیب کمتری نسبت به منطقه ۱ است (کمتر از ۱۵٪). همچنین عامل طول حوضه که یکی از مهمترین عوامل تاثیر گذار در مدل‌های منطقه ۱ بوده و در مدل‌ها برای همه دوره‌های بازگشت وارد گردید در منطقه ۲ فقط برای دوره بازگشت ۲ سال به مدل وارد شد. در منطقه ۲ مشخص شد که عامل بارندگی متوسط سالانه برای دوره بازگشت دو سال و دو عامل مساحت و ضریب گردی در تمامی دوره بازگشت‌ها به جز دوره بازگشت ۲ سال به‌عنوان عوامل مؤثر در برآورد جریان‌های حداقل بودند در حالی‌که این ویژگی در روابط منطقه‌ای جریان حداقل در منطقه ۱ فقط برای دوره بازگشت ۲ سال به مدل وارد شدند.

هر چند از نظر بسیاری از محققین (Vogel and Kroll 1992؛ Yu et al. 2002 ؛ Kumar et al. 2003؛ Young et al. 1999؛ Kim et al. 2010؛ Ourda and Shu 2009) عامل مساحت حوضه از اصلی ترین عوامل مؤثر در تولید جریان‌های سیلابی و کم آبی است، با این وجود این ویژگی در روابط منطقه ۱ به صورت مستقیم در مدل دوره بازگشت ۲ ساله و غیر مستقیم در دیگر دوره بازگشت‌ها به شکل طول حوضه نشان داد. اما در منطقه ۲ ویژگی مساحت حوضه خودرا به‌عنوان یک ویژگی مهم برای همه دوره بازگشت‌ها (به جز دروه بازگشت دو سال) نشان داد. ضریب گردی نیز یکی از عوامل مهم در مدل‌های منطقه ۲ بوده و در اکثر مدل‌ها وارد شد (جدول ۳). این ویژگی در مطالعه‌ای که برای تخمین جریان حداقل در مناطق فاقد آمار توسط Nosrati (2012) در حوضه سد سفید رود انجام شده بود نیز به‌عنوان یک عامل مهم و تاثیرگذار در مدل‌های منطقه‌ای در نظر گرفته شده بود. Vafakhah and Ayubzadeh (2000) در بررسی خشکسالی‌های دریاچه نمک دریافتند که ویژگی‌های مؤثر بر خشکسالی هیدرولوژیک به ترتیب مساحت، متوسط بارندگی سالانه و درصد سازندهای نفوذپذیر هستند. شکل(۴) مقادیر برآورد شده در برابر اندازه-گیری شده جریان حداقل ۷ روزه با استفاده از مدل‌های توسعه یافته در مناطق ۱ و ۲ در دوره‌های بازگشت ۲، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله را نشان می‌دهد.




شکل ۴- مقادیر برآورد شده در برابر اندازه‌گیری شده جریان حداقل ۷ روزه در دوره‌های بازگشت ۲، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله در مناطق ۱ و ۲

Fig. 4 Estimated values against the measured flow of at least 7 days in return periods of 2, 10, 25 and 50 years in areas 1 and 2

در هر دو منطقه مدل‌های دوره بازگشت ۲ ساله کارایی بهتری نسبت به سایر مدل‌ها با دوره‌های بازگشت (۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله) دارد (پراکنش نقاط جدول خط ۱ به ۱ در مدل‌های دوره بازگشت دو ساله بیشتر است). چنانچه مشخص است در دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵ و ۵۰ ساله نمی‌توان تفاوت چشم-گیری در کارایی مدل‌ها دید. با این حال بر اساس آماره‌های ضریب تعیین و تحلیل مانده‌ها این مدل‌ها کارایی قابل قبولی در برآورد جریان حداقل ۷ روزه دارند.

www.SID.ir

**۴- نتیجه‌گیری**

هدف از این مطالعه تحلیل فراوانی منطقه‌ای جریان حداقل در بخش‌هایی از حوضه آبخیز کارون شمالی در استان چهار محال و بختیاری بود. نتایج نشان داد که:

۱- بر اساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در منطقه ۱ از بین ۱۵ ویژگی فیزیوگرافی، اقلیمی و هیدرولوژیکی متغیرهای مساحت با بار وزنی ۰/۳۴۷، طول حوضه با بار وزنی ۰/۲۹۲، شیب متوسط حوضه با بار وزنی ۰/۲۸۱، ضریب کشیدگی ۰/۳۷۸ و محیط حوضه با بار وزنی ۰/۲۸۳ به‌عنوان مهمترین ویژگی انتخاب شدند.

۲- در منطقه ۲، ویژگی‌های بارندگی سالانه با بار وزنی ۰/۳۰۱، طول حوضه با بار زونی ۰/۳۲۶، ضریب گردی با بار وزنی -۰/۳۲۶ و محیط حوضه برای ورود به مدل‌ها انتخاب گردیدند.

۳- همه مدل‌ها توسعه یافته در مناطق ۱ و ۲ برای همه دور بازگشت‌ها با ضریب تعیین بیشتر از ۰/۹۶، مقدار شاخص تورم واریانس کمتر از ۵ و خطای کمتر از ۱۰٪ کارایی خوبی در برآورد جریان حداقل داشتند.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده اعتبار مدل‌های بدست آمده در این پژوهش در حوضه‌های دیگر مورد ارزیابی قرار گیرد و در صورت نیاز اصلاح گردند. همچنین درصورت یافتن اطلاعات سایر ایستگاهها مدل‌های جدیدی نیز توسعه یابد.

## References

Aciysbi M. (2004). Drought monitoring in Mashhad using palmer drought index. J. Geogr. Region. Develop., 7, 31-42.

Bayazidi M. and Saghafian B. (2011). Regional drought analysis of river flow in southwest regions of the Iran. Iran. J. Watershed Manage. Sci. Eng., 5(14), 37-52 [In Persian].

Eslamian S., Ghasemi M. and Gardfaramarzi S. (2012). Calculation and zonation of low flow indexes and determination of hydrological drought periods (case study of Karkheh watershed). J. Agri. Sci. Technol., 16(59), 1-14.

Eslamian S., Zarei A. and Abrishamchi A. (2004). Regional estimation of low flow streams in Mazandaran watershed. J. Agri. Sci. Technol. Nat. Resour., 8(1), 27-38.

Kim S. and Lee K. (2010). Regional low flow frequency analysis using Bayesian regression and prediction at ungauged catchment in Korea. KSCE J. Civil Eng., (14)1, 87- 98.

Kumar R., Chatterjee C., Kumar S., Lohani, A. K. and Singh R. D. (2003). Development of regional flood frequancy relationship using L- moment for Middle Ganga Plains subzone 1(f) of India. Water Resour. Manage., 17(4), 243 – 257.

Laha G. and Bloschl G. (2007). A national low flow estimation procedure for Austria. J. Hydrol. Sci., 52(4), 625- 644.

Lazaro R., Rodrigo F. and Puigde-bregas J. (2001). Analysis of a 30 – year rainfall record (1967- 1997) in semi – arid SE Spain for implication on vegetation. J. Arid Environ., 48(3), 373- 395.

Miller G. T. (1997). Environmental Sciences. Wods worth Pob. Belment. California.

Mirza-Hoseini M. and Mohseni-Saravi M. and Zahtabiyan GH (2010). Regional analysis of low flow by hybrid method in Mazandaran Province. J. Irrig. Water Eng., 1, 1-9.

Nosrati K. (2012). Regional analysis of hydrological drought in Sefidrood drainage basin using base flow index. J. Range Watershed Management, 65(2), 257-267.

Ourda T. B. M. J. and Shu C. (2009). Regional low flow frequency analysis using single and ensemble artificial neural networks. J. Water Resour. Res., 45(11), 148- 162.

Rajib M., Ramadas M. and Rao S. (2013). Identification of hydrologic drought triggers from hydroclimatic predictor variables. Water resources research 49, 1-17.

Rostam M. (2002). Projection of suspended sedimentation of non-stochastic domains by



Archive of SID
www.SID.ir

comparison of stress and fuzzy clustering methods. Proceedings of the Sixth International River Engineering Seminar, ShahidChamran University of Ahwaz, 8-10 September.

Saghafian B. (2006). Estimation of minimum flows in non-statistical domains using multiple regression method. J. Water Watershed 2, 21-34.

Samadi-Boroujeni H. and Abrahamid A. S. (2011). Drought consequences and ways of coping with it in Chaharmahal and Bakhtiari province. Second edition. Water Resources Research Center of Shahrekord .512 p.

Shamaezadeh M. (2008). Low flow regional analysis in north Karoun Basin. Master's thesis, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology.

Vafakhah M. and Ayubzadeh A. S. (2000). Identification of effective factors in cognitive drought in order to control them in Salt Lake watershed. First National Conference on Dehydration Control.

Vogel R. M. and Kroll C. N. (1992). Regional geohydrologic- geomorphic relationship for the estimation of low flow statistics. Water Resour. Res., 28(9), 2451- 2458.

Vogel R. M. and Wilson I. (1996). Probability distribution of annual maximum mean and minimum stream flows in the United States. J. Hydrol. Eng., 1(2), 69 – 76.

Young A. R., Round C. E. and Gusterd A. (1999). Spatial variations in the occurrence of low flow events in the UK. Hydrol. Earth Sys. Sci., 4(1), 35 – 45.

Yu P. S., Yang T. C. and Liu C. W. (2002). A regional model of low flow for southern Taiwan. Hydrol. Process., 16, 2017- 34.

Zare-Chahouki A., Salajegheh A., Mahdavi M., Shahram Khalighi and Asadi S. (2013). Regional flow duration curve in arid regions for ungauged basins (case study: Central Iran). J. Range Watershed Manage., 66 (2), 251-265.

Archive of SID

www.SID.ir

# Regional Frequency Analysis of Low Flow in Parts of the Northern Karun River Basin in Chaharmahal and Bakhtiari Province

**Afshin Honarbakhsh[1*], Mahbobeh Chogan[2], Rafat Zare Bidaki[3] and Mehdi Pazhuhesh[3]**

[1]Assoc. Professor, Department of Rangeland and Watershed Engineering, Faculty of Natural Resource and Earth Science. Shahrekord University, Shahrekord, Iran
[2]M.Sc. Alumni, Department of Rangeland and Watershed Engineering, Faculty of Natural Resource and Earth Science. Shahrekord University, Shahrekord, Iran
[3]Assist. Professor, Department of Rangeland and Watershed Engineering, Faculty of Natural Resource and Earth Science. Shahrekord University, Shahrekord, Iran

[*]Corresponding author: afshin.honarbakhsh@gmail.com

**Original Paper**
**Received:** December 30, 2017 **Revised:** September 7, 2018 **Accepted:** October 10, 2018

## Abstract

Hydrological droughts reduce groundwater and surface waters. The purpose of the present study was to analyze the minimum regional flow frequency in parts of the northern Karun basin in Chaharmahal and Bakhtiari province. For this purpose, 11 hydrometric stations were used. For the minimum flow estimation, 15 different physiographic, climatic and hydrological features of the basin were used in. At first, hydrometric stations were divided into two homogeneous groups using cluster analysis method. Then, using principal component analysis (PCA), the most important features were selected for each region among the 15 physiographic, climatic and hydrological characteristics. Finally, the models for estimating the minimum flow of each region were developed using stepwise regression method in return periods of 2, 10, 25 and 50 years. The results showed that the characteristics of the basin area with a weight of 0.347, elongation coefficient with a weight of 0.389, a length of the basin with a weight of 0.326 and a coefficient of roundness with a weight of 0.326 were the most important features in the estimation of minimum flow. In general, all regression-logarithmic models in the two regions for all return periods with a coefficient of greater than 0.96 were considered to have a good performance for minimum flow estimation.

**Keywords:** Armand Basin; Hydrological Drought; Multivariate Regression; Minimum Flow; PCA.



Archive of SID
www.SID.ir