



کلاسه‌بندی و آنالیز شدت و مدت خشکسالی‌های جریان آب سطحی (مطالعه موردی: استان ایلام)

مجید کاظم زاده^۱، زهرا نوری^۲، علیرضا مقدم‌نیا^۳ و آرش ملکیان^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، (نویسنده مسوول: mkazemzadeh@ut.ac.ir)

۲، ۳ و ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۳۱ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۸

چکیده

وقایع خشکسالی با تاثیر روی منابع آب سطحی و آب زیرزمینی مقدار آب در دسترس بخش‌های مختلف را کاهش می‌دهد، بدین منظور برای اتخاذ تصمیمات مدیریتی مناسب برای مقابله با آثار زیان بار خشکسالی، باید با ارزیابی و پایش خشکسالی جریان آب سطحی به شناسایی ویژگی‌های این پدیده از نظر دوام، شدت و توسعه جغرافیایی در نواحی مختلف پرداخت. در این تحقیق جهت کلاسه‌بندی و آنالیز شدت و مدت خشکسالی جریان آب سطحی در ۶ ایستگاه هیدرومتری منتخب استان ایلام طی دوره ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۹ از خوشه‌بندی سلسله مراتبی، شاخص خشکسالی جریان آب سطحی و میانگین متحرک استفاده شد. نتایج شاخص خشکسالی جریان آب سطحی نشان داد که در بازه‌های زمانی ۳ و ۶ ماهه تنها جریان آب سطحی ملایم و متوسط در استان حاکم بوده است. اما در بازه‌های زمانی ۹ و ۱۲ ماهه خشکسالی شدید هم در سه دهه اخیر وجود داشته است. همه ایستگاه‌ها طبق نتایج میانگین متحرک نشان دادند که طی بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵ یک دوره ترسالی شدید را در طی سه دهه اخیر تجربه کرده‌اند. در مقابل همه ایستگاه‌ها یک دوره خشکسالی جریان آب سطحی را در بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ پشت سر گذاشته‌اند. ایستگاه‌های هیدرومتری از لحاظ شرایط خشکسالی جریان آب سطحی در سه کلاسه مختلف قرار گرفتند. نتایج کلاسه‌بندی نشان داد که در کلاسه یک، ایستگاه‌های ایوان، هلیلان و تنگ سازین، در کلاسه ۲، ایستگاه نظر آباد و در نهایت در کلاسه ۳ دو ایستگاه سرجوی و دارتوت قرار گرفته‌اند. در نهایت جهت بررسی روند جریان آب رودخانه‌ها مرتبط با خشکسالی هیدرولوژیکی طی سه دهه گذشته از آزمون‌های من-کندال و شیب خط رگرسیونی استفاده شد. نتایج این دو آزمون نشان داد که روند دبی رودخانه‌ها در همه ایستگاه‌ها کاهش یافته است.

واژه‌های کلیدی: جریان آب رودخانه، خشکسالی، کلاسه‌بندی، میانگین متحرک، استان ایلام

مقدمه

اجتماعی بیان کرد که با توجه به وقوع خشکسالی‌های اخیر و تاثیرات منفی آن روی منابع آب سطحی و لزوم اقدامات مدیریتی مناسب، در این مقاله خشکسالی هیدرولوژیکی مورد بحث قرار می‌گیرد. به دلیل پیچیدگی چرخه‌های هیدرولوژیکی، شاخص‌های خشکسالی نیازمند داده‌های زیاد با طول دوره آماری مشترک بلند مدت هستند، پژوهشگران شاخصی ساده با استفاده از داده‌های در دسترس دبی جریان سطحی را ارائه داده‌اند. از جمله شاخص‌های که برای ارزیابی خشکسالی ارائه شده، شاخص پالمر جزء اولین پژوهش‌ها در مورد خشکسالی است (۱۶). شافر و دی‌زمن (۱۴)، شاخص عرضه آب سطحی (SWSI) که شامل برف، جریان رودخانه، بارش و ذخیره مخزن برای تکمیل شاخص پالمر برای شرایط مرطوب در کلرادو طراحی کرده‌اند. نالبانتیس (۱۰)، به بررسی خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص (SDI) برای دوره‌های زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه در هر سال هیدرولوژیکی در یونان پرداخت و از داده‌های دو رودخانه در آتن برای اعتبار سنجی استفاده کرد. نتایج نشان داد که SDI می‌تواند

خشکسالی یک پدیده طبیعی است که ناشی از کمبود نزولات از مقدار مورد انتظار یا نرمال است (۱۵). خشکسالی با تاثیر روی منابع آب سطحی و آب زیرزمینی مقدار آب در دسترس بخش‌های مختلف را کاهش می‌دهد، بدین منظور برای اتخاذ تصمیمات مدیریتی مناسب برای مقابله با آثار زیان بار خشکسالی، باید با ارزیابی و پایش خشکسالی به شناسایی ویژگی‌های این پدیده از نظر دوام، شدت و توسعه جغرافیایی در نواحی مختلف پرداخته شود. خشکسالی ناشی از کمبود بارش بوده و ممکن است اثر آن به سرعت در طی یک دوره زمانی خود را نشان دهد، یا ممکن است ماه‌ها بعد اثر آن روی چرخه هیدرولوژیکی ظاهر شود. خشکسالی هیدرولوژیکی با کمبود جریان در جریان سطحی رودخانه‌ها، سطح مخازن و افت سطح ایستابی در سفره‌های آب زیرزمینی بروز می‌کند (۳). خشکسالی را می‌توان از جنبه‌های مختلف از جمله، خشکسالی هواشناسی، خشکسالی کشاورزی، خشکسالی هیدرولوژیکی، خشکسالی اقتصادی و

(SDI) در مناطق شبه مدیترانه‌ای و نیمه خشک کشور نشان‌دهنده همبستگی بالای این دو شاخص ($R^2=0.98$) است. با توجه به محدود بودن تحقیقات انجام شده در پایش خشکسالی هیدرولوژیکی توسط SDI، هدف از انجام این تحقیق، ارزیابی خشکسالی هیدرولوژیکی (جریان آب سطحی) با شاخص SDI و استفاده از میانگین متحرک ۵ ساله جهت تعیین طول خشکسالی هیدرولوژیکی در استان ایلام بوده است. SDI برای دوره‌های زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه در هر سال آبی در طول دوره ۱۳۶۰-۱۳۸۹ محاسبه شد. در نهایت روند دبی رودخانه‌های استان با استفاده از آزمون ناپارامتریک (من-کندال) و آزمون پارامتریک (شیب خط رگرسیونی) جهت بررسی و تحلیل متقابل با خشکسالی هیدرولوژیکی مطالعه شده است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان ایلام با مساحتی حدود ۱۹۸۷ کیلومتر مربع که حدود ۱/۲ درصد مساحت کل کشور را تشکیل می‌دهد. در غرب کشور بین ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی در یک منطقه کوهستانی و مرتفع واقع شده است. این استان در غرب و جنوب غربی کشور در میان رشته کوه‌های کبیرکوه از سلسله جبال زاگرس قرار دارد و از شمال به کرمانشاه، از جنوب به خوزستان، از شرق به لرستان و از غرب به کشور عراق محدود شده است. از نظر شرایط اقلیمی جزء مناطق گرمسیری محسوب می‌شود ولی به علت وجود ارتفاعات و اختلاف درجه حرارت و بارندگی در بخش‌های شمالی، جنوبی و غربی آن می‌توان از نظر شرایط اقلیمی جزء مناطق گرمسیری محسوب می‌شود ولی به علت وجود ارتفاعات و اختلاف درجه حرارت و بارندگی در بخش‌های شمالی، جنوبی و غربی آن می‌توان از نظر اقلیمی، مناطق سه‌گانه سردسیری، گرمسیری و معتدل را در این استان مشاهده کرد. داده‌های ماهانه مشاهده شده دبی رودخانه‌های استان طی دوره ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۹ جمع‌آوری و محاسبات روی آنها انجام گرفت. قبل از انجام محاسبات، داده‌ها از نظر همگنی، نرمال بودن با استفاده آزمون‌های منحنی جرم مضاعف و کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شدند.

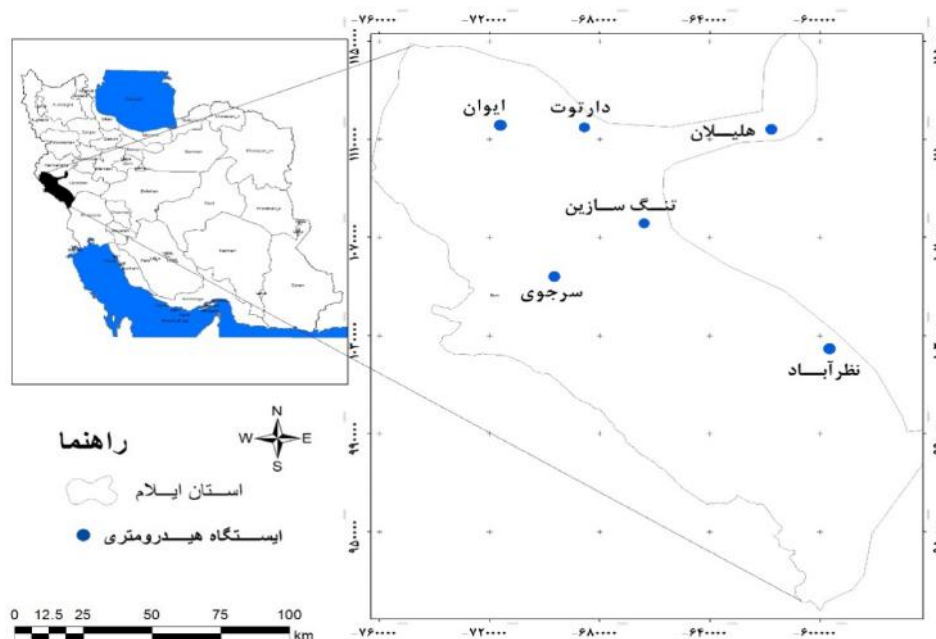
در جدول ۱ و شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هیدرومتری انتخاب شده آورده شده است.

کلاسه‌بندی و آنالیز شدت و مدت خشکسالی‌های جریان آب سطحی خشکسالی‌های اصلی که در این مناطق رخ داده است در سال‌های ۷۷-۱۹۷۶، ۹۵-۱۹۸۸ و ۲۰۰۰-۱۹۹۹ را شناسایی کند. طبری و همکاران (۱۵) به ارزیابی خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص جریان آب سطحی (SDI) در شمال غربی ایران در طول دوره ۲۰۰۹-۱۹۷۵ پرداختند و نتایج نشان داد که همه ایستگاه‌ها حداقل یکبار خشکسالی بسیار شدید را در طول دوره مورد مطالعه، تجربه کردند. علاوه بر تحقیقات ذکر شده در زمینه خشکسالی هیدرولوژیکی، مرید و پایمزد (۵) به مقایسه روش‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی جهت پایش هیدرولوژیکی خشکسالی با استفاده از روش چانگ برای ارزیابی خشکسالی روزانه استان تهران پرداختند و نتایج نشان داد که روش چانگ حساسیت بیشتری به کمبود منابع آبی در شرایط خشکسالی برخوردار است.

مرادی و همکاران (۸) با استفاده از شاخص SPI و SDI در حوزه شهر خرم‌آباد به ارزیابی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی پرداختند. نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری و مقایسه بین شاخص SPI و SDI نشان داد که حالت غالب خشکسالی در این حوزه تقریباً نرمال است. کریمی و همکاران (۴) به بررسی شاخص‌های خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک مازندران با استفاده از شاخص‌های (SPI)، (PNI)، (DI)، (CZI)، (MCZI)، (ZSI) و شاخص موهان و رانگاچاریا پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص درصد نرمال و دهک‌ها در تمام ایستگاه دارای روند مشابه و همبستگی خوبی با شاخص‌های SPI، ZSI و CZI دارد. بایزیدی و ثقفیان (۱) به بررسی خشکسالی جریان رودخانه در مناطق غرب کشور با بکارگیری روش حد آستانه پرداختند. نتایج نشان داد که عامل مساحت دارای بیشترین همبستگی با حجم کمبود داشته و موثرترین متغیر مستقل در برآورد منطقه‌ای خشکسالی است. مفیدی‌پور و همکاران (۶) به بررسی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی با شاخص‌های SPI و SDI در حوزه آبخیز اترک پرداختند. نتایج نشان داد که بین خشکسالی هیدرولوژیکی و هواشناسی ارتباط معنی‌داری وجود دارد و وقوع خشکسالی در منطقه، دارای تاثیر بصورت آنی یا با تاخیر ۱ ماهه روی منابع سطحی است. اسلامی و شکوهی (۳) جهت بررسی وضعیت جریان رودخانه از شاخص هیدرولوژیکی و زیست- محیطی (FDCI) استفاده کردند. مقایسه‌ی شاخص زیست- محیطی (FDCI) با شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هیدرومتری

نام ایستگاه	رودخانه	عرض جغرافیایی (درجه - دقیقه - ثانیه)	طول جغرافیایی (درجه - دقیقه - ثانیه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)
سرجوی	گل گل	۳۳-۲۷-۵۷	۴۶-۵۴-۲۹	۱۰۰۰
ایوان	کنگیر	۴۹-۳۳-۰۰	۴۶-۱۸-۰۰	۱۱۶۰
هلیلان	جزمان	۴۴-۳۳-۰۰	۴۷-۱۵-۰۰	۹۵۰
دارتوت	آب چناره	۴۴-۲۹-۳۳	۴۶-۵۰-۴۰	۱۰۵۷
تنگ سازین	سیمره	۳۳-۰۸-۳۳	۴۶-۳۲-۵۰	۷۴۲
نظرآباد	سیمره	۳۳-۲۱-۱۰	۴۷-۲۷-۰۳	۵۵۹



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب

که در آن k نشان‌دهنده مبنای k ماهه می‌باشد. $v_{i,k}$ حجم تجمعی جریان‌ات رودخانه‌ای در سال هیدرولوژیکی i و دوره مبنای k ماهه می‌باشد. شاخص خشکسالی جریان‌ات رودخانه‌ای (SDI) بر اساس حجم تجمعی جریان‌ات رودخانه‌ای ($v_{i,k}$) برای دوره مبنای (k) مربوط به سال (i) سال هیدرولوژیکی به صورت رابطه زیر می‌باشد:

$$SDI_{i,k} = \frac{v_{i,k} - \bar{v}}{S_k} \quad i = 1, 2, \dots \quad (2)$$

$k = 1, 2, 3, 4$
 S_k و $\bar{v}$ به ترتیب انحراف معیار و میانگین داده‌های حجمی تجمعی برای دوره مبنای (k) می‌باشند. مقادیر مثبت SDI شرایط مرطوب و مقادیر منفی خشکسالی هیدرولوژیکی را نشان می‌دهد. بر اساس SDI پنج حالت می‌تواند داشته باشد که در جدول ۲ طبقات تعریف شده است.

شاخص خشکسالی جریان‌های رودخانه‌ای

شاخص SDI کاملاً مشابه شاخص SPI که برای تحلیل خشکسالی هواشناسی استفاده می‌شود، است. که توسط نالبانتیس و تسکیریس (۱۱) جهت مشخص کردن خشکسالی هیدرولوژیکی ارائه دادند (۱۵). در این روش فرض می‌شود که حجم جریان‌های رودخانه‌ای به صورت ماهانه $Q_{i,j}$ وجود دارد. که اندیس i سال هیدرولوژیکی و اندیس j ماه مربوط به همان سال هیدرولوژیک می‌باشد. امتیاز این روش نسبت به سایر روش‌ها استفاده از یک پارامتر (حجم دبی رودخانه) می‌باشد. اساس محاسبه این سری به صورت زیر می‌باشد (۱۰):

$$v_{i,k} = \sum_{j=1}^{3k} Q_{i,j} \quad i = 1, 2, 3, \dots \quad j = 1, 2, \dots, 12 \quad (1)$$

$$k = 1, 2, 3, 4$$

جدول ۲- تعریف طبقات مختلف شاخص هیدرولوژیکی بر اساس (۱۱)

حالت	محدوده	وضعیت خشکسالی
۰	$SDI \leq 0$	فاقد خشکسالی
۱	$0 < SDI \leq 1$	خشکسالی ملایم
۲	$1 < SDI \leq 1.5$	خشکسالی متوسط
۳	$1.5 < SDI \leq 2$	خشکسالی شدید
۴	$SDI > 2$	خشکسالی خیلی شدید

n تعداد مشاهدات سری‌ها، m تعداد گره‌های که داده مشابه دارند و i فراوانی داده‌های که ارزش یکسانی دارند. (ج) استخراج آماره Z بر اساس یکی از روابط زیر:

$$Z = \begin{cases} x = \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ x = \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s = 0 \\ x = \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (۷)$$

(د) در یک آزمون دو دامنه برای بررسی روند داده‌ها، فرض صفر در حالتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (۸)$$

که در آن α : سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} : آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، $2/\alpha$ استفاده شده است. در صورتی که آماره Z مثبت باشد روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

تحلیل رگرسیون^۳: این روش یک آزمون پارامتری است که فرض نرمال بودن داده‌ها باید برای آن وجود داشته باشد. بر اساس اصل حداقل مربعات یک مدل رگرسیون خطی با زمان مطابق رابطه زیر بر سری زمانی داده‌های دبی برازش داده شد و با استفاده از همبستگی پیرسون معنی‌دار بودن شیب آن در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین جهت کلاسه‌بندی ایستگاه‌های هیدرومتری مختلف استان از آنالیز خوشه‌ای در نرم‌افزار SPSS استفاده شده‌است.

نتایج و بحث

سری‌های SDI برای دوره‌های زمانی ۳، ۶ ماهه در شکل‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است. با توجه به شکل‌ها، یک دوره ترسالی شدید در سال ۱۳۷۳ در تمامی ایستگاه‌های استان دیده می‌شود. در دوره سه ماه (مهر تا آذر) همه ایستگاه‌ها مقدار شاخص‌ها آنها حول حوش منفی یک و مثبت یک بوده و فقدان دوره‌های با خشکسالی شدید بوده‌اند. اما نتایج دوره میناء ۶ ماهه شاخص (مهر تا اسفند) در بیشتر سال‌ها از مقدار بین

میانگین متحرک یا لغزان^۱

برای تعیین دوره‌های ترسالی و خشکسالی می‌توان از روش میانگین متحرک یا لغزان استفاده کرد. میانگین لغزان به صورت دوره‌های ۳، ۵، ۶، ۷ و ۹ ساله و حتی بیشتر از آن تهیه می‌گردد. هرچه این پایه زمانی بیشتر باشد دوره‌های ترسالی و خشکسالی بهتر مشخص می‌شوند (۶). در این مطالعه از میانگین متحرک ۵ ساله برای داده‌های دبی، جهت بررسی مدت خشکسالی و ترسالی هیدرولوژیکی در ایستگاه‌های مورد مطالعه استفاده گردید. **آزمون من-کندال^۲:** این روش که به طور گسترده در مباحث هیدرولوژیکی و هواشناسی کاربرد دارد، یکی از روش‌های مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود. از مزایای این روش اثرپذیری کم این روش از مقادیر حدی می‌باشد. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک و رد فرض صفر دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر می‌باشد (۹):

(الف) محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت sign function و استخراج پارامتر s به شرح زیر است:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn} \quad (۳)$$

که n تعداد مشاهدات سری، x_j, x_k داده‌های زام و kام می‌باشد و تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\text{gn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (۴)$$

(ب) محاسبه واریانس بر اساس یکی از روابط زیر: اگر n کوچکتر از ۱۰ باشد:

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (۵)$$

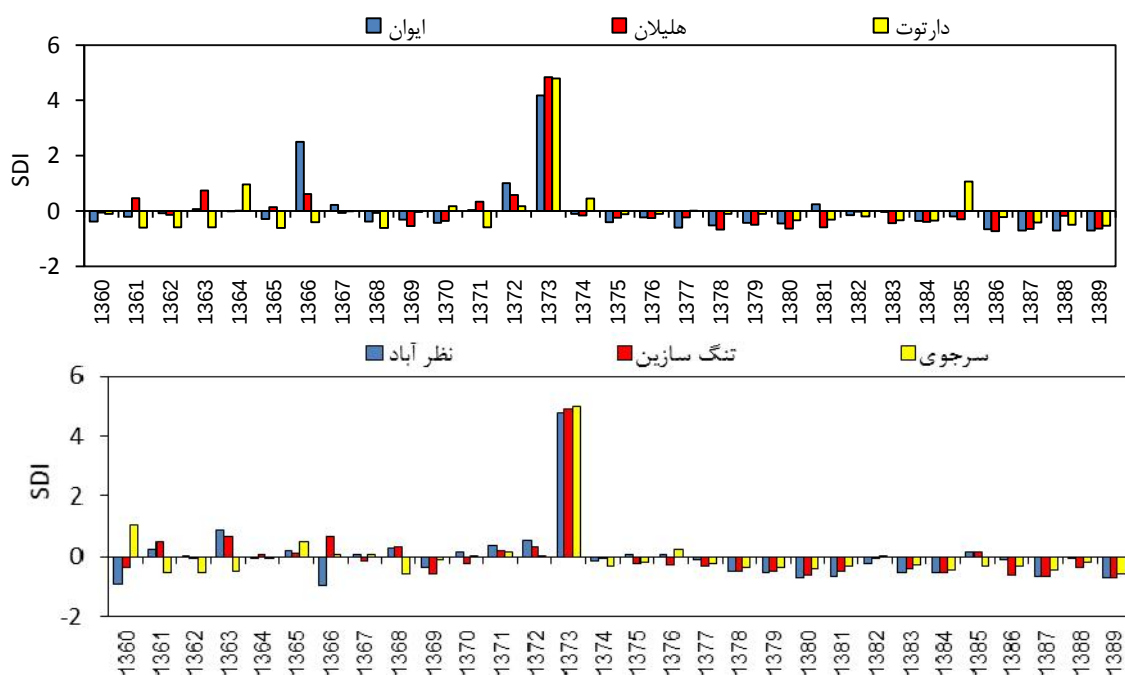
اگر n بزرگتر از ۱۰ باشد:

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n-5) \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i-5)}{18} \quad (۶)$$

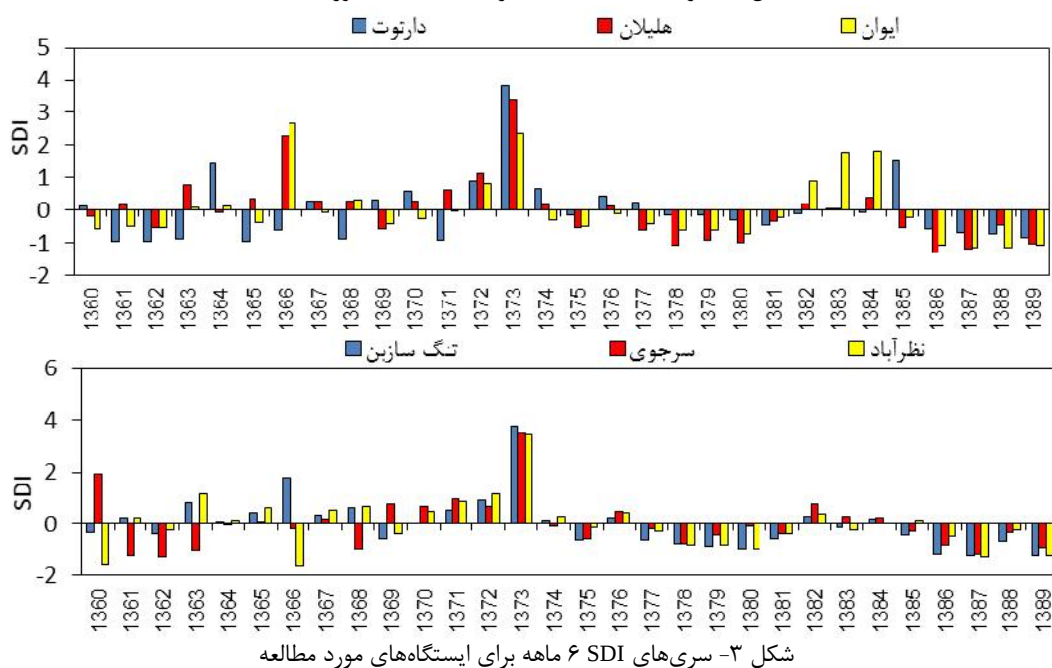
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز سال ششم/ شماره ۱۲/ پاییز و زمستان ۱۳۹۴ ۱۳۱

منفی یک و مثبت خارج گشته‌اند. قابل مشاهده است که روند جریان آب سطحی به طور واضح در ایستگاه هلیلان، نظر آباد، ایوان، تنگ سازین، سرجوی افزایش یافته است. طی دوره مبناء ۶ ماهه ایستگاه ایوان از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ در کلاس جریان آب سطحی متوسط بوده و در بقیه سال‌ها طی سه دهه گذشته کلاس خشکسالی متوسط و شدید را تجربه نکرده است. ایستگاه تنگ سازین هم در سال‌های ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ خشکسالی متوسط را تجربه کرده است. طی سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۶۳ و ۱۳۸۷ ایستگاه سرجوی کلاس خشکسالی متوسط را داشته اما بیشتر ایستگاه‌ها در طول دوره آماری مورد مطالعه، در بیشتر مواقع حالت خشکسالی ملایم را داشته‌اند. کلاس خشکسالی متوسط در ایستگاه نظر آباد در سال‌های ۱۳۶۰، ۱۳۶۶، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۰ اتفاق افتاده است. هم چنین در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۹ کلاس خشکسالی متوسط در ایستگاه هلیلان دیده می‌شود. در نهایت ایستگاه دارتوت طی ۳۰ سال گذشته کلاس خشکسالی متوسط و یا شدیدتر نداشته به عبارتی در طول سه دهه گذشته در کلاس خشکسالی ملایم بوده است. بنابراین در دوره مبنای ۶ ماهه همه ایستگاه‌ها دوره خشکسالی متوسط را تجربه کردند و کلاس‌های خشکسالی شدید در این بازه زمانی دیده نشده است. نتایج بازه‌های ۹ و ۱۲ ماهه در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. در این بازه زمانی نیز هر یک از ایستگاه‌ها حداقل یک کلاس خشکسالی هیدرولوژیکی متوسط را طی سه

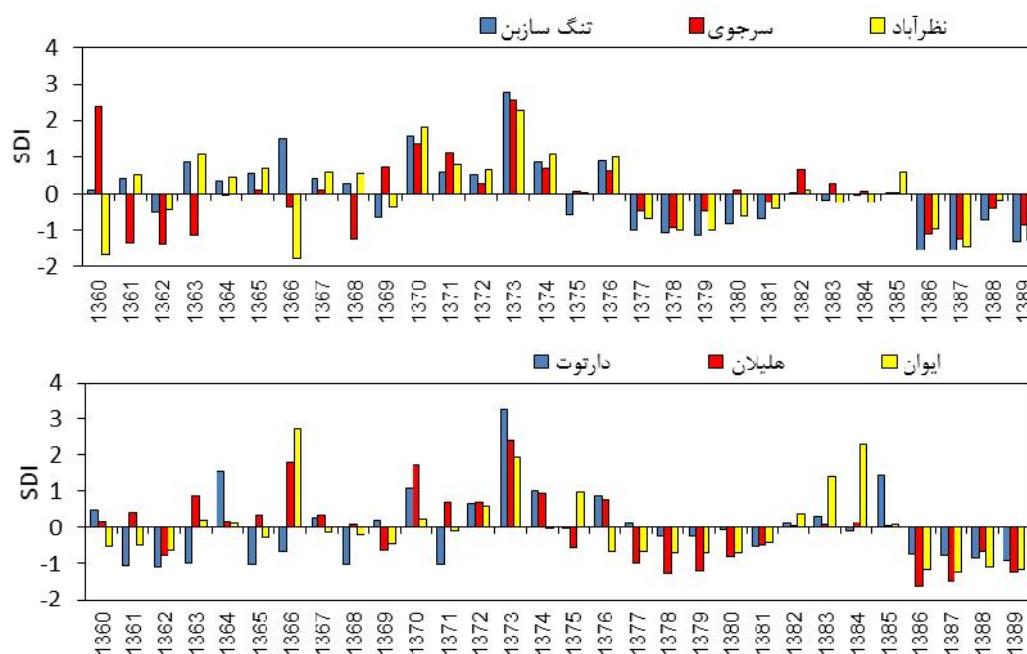
دهه اخیر تجربه کردند. در بین ایستگاه‌ها، ایستگاه تنگ سازین روی رودخانه سیمره در سال ۱۳۸۶ خشکسالی شدید را طی بازه ۹ و ۱۲ ماهه پشت سر گذاشته است. هم چنین در ایستگاه نظر آباد در سال‌های ۱۳۶۰ و ۱۳۶۶ با مقدار شاخص ۱/۶۷- و ۱/۷۹- در حالت کلاس خشکسالی شدید بوده و ایستگاه هلیلان طی این بازه‌ها با مقدار ۱/۶۳- در سال ۱۳۸۶ در کلاس خشکسالی شدید قرار گرفته است. بنابراین طی بازه‌های ۹ و ۱۲ ماهه تنها در سه ایستگاه از شش ایستگاه منتخب، خشکسالی شدید را در سال‌های ۱۳۶۰، ۱۳۶۶ و ۱۳۸۶ ملاحظه شد. نتایج این تحقیق نشان‌دهنده افزایش فراوانی و شدت خشکسالی‌ها در سال‌های اخیر است و مطالعات مختلفی که در کشور انجام شده تایید کننده نتایج این تحقیق می‌باشد. مطالعات مختلفی در کشور انجام شده تایید کننده نتایج این تحقیق می‌باشد. از جمله طبری و همکاران (۱۵) نشان دادند که روند خشکسالی‌ها در شرق کشور افزایش یافته است. در تحقیقی دیگر در استان آذربایجان غربی نشان دادند که شدیدترین خشکسالی‌های استان در سال‌های ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۲ اتفاق افتاده است. با توجه به نتایج این تحقیق روشن است این استان هم تحت دوره جریان آب سطحی بوده است. طبق نظر رضایی و همکاران (۱۳) خشکسالی‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸ تأثیرات زیادی روی جوامع انسانی و باعث مهاجرت توده عظیمی از مردم شده است.



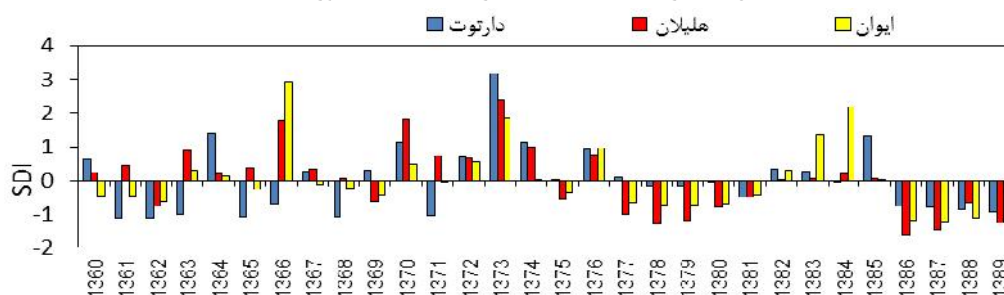
شکل ۲- سری‌های SDI ۳ ماهه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل ۳- سری‌های SDI ۶ ماهه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل ۴- سری‌های SDI ۹ ماهه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه



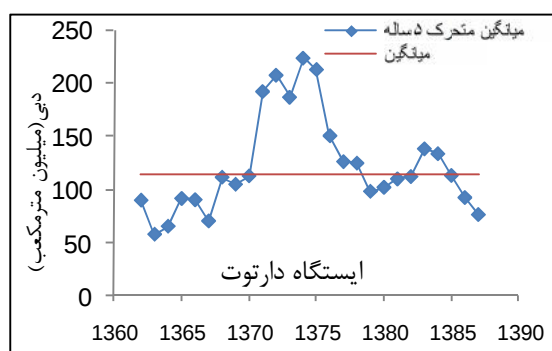
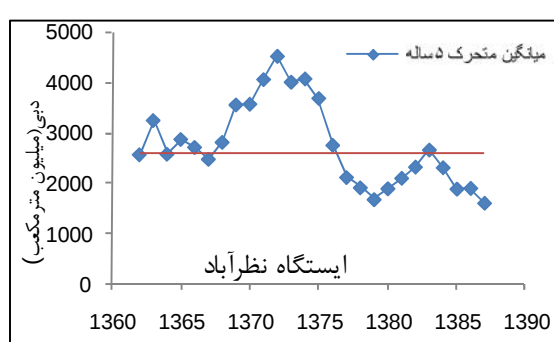
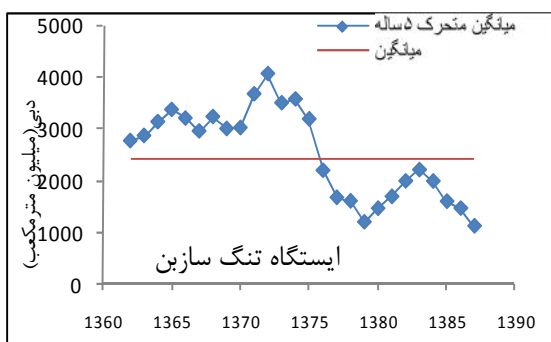
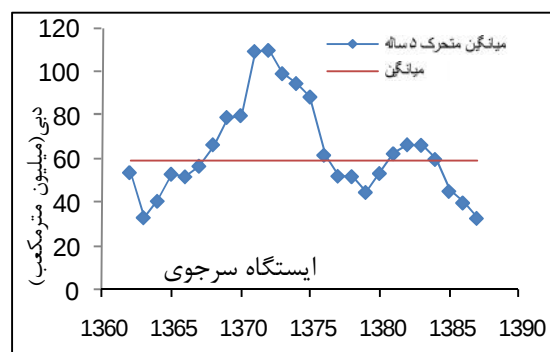
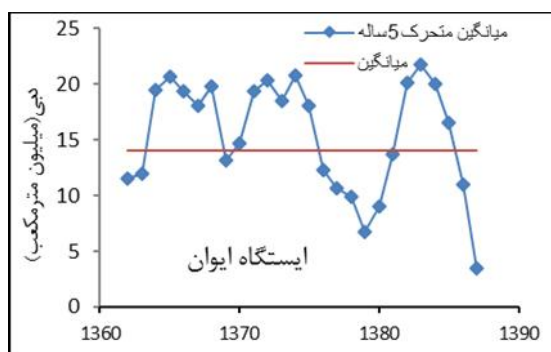
شکل ۵- سری‌های SDI ۱۲ ماهه برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

بهداشت را در حال حاضر و آینده نزدیک تداعی می‌کند. جریان‌های رودخانه‌ای می‌تواند از علل مختلفی تاثیر پذیرد که آن می‌تواند بصورت طبیعی یا غیرطبیعی (انسانی) تلقی گردد. نوسانات اقلیمی، افزایش گازهای گلخانه‌ای و افزایش دما بطور مستقیم در سال‌های اخیر چه بصورت مستقیم (تبخیر از سطح جریان آب رودخانه‌ها) و چه بصورت غیرمستقیم (کاهش مقدار بارندگی) از علل طبیعی کاهش جریان‌ات رودخانه‌ای در بیشتر مناطق می‌باشد. هم چنین از عوامل غیرطبیعی می‌توان به بهره برداری‌های شدید، بی‌رویه و افزایش تقاضای آب انسان‌ها که در سال‌های اخیر منابع آبی را تهدید کرده‌اند، را اشاره کرد. باتوجه به نتایج میانگین متحرک ۵ ساله برای ایستگاه ایوان نشان می‌دهد که دارای نوسانات دوره‌های پنج ساله داشته که تا سال ۱۳۷۵ دو دوره ۵ ساله ترسالی هیدرولوژی تبدیل به یک دوره ۵ ساله ترسالی

جهت تعیین دوره‌های کوتاه مدت و بلند مدت (مدت خشکسالی) خشکسالی هیدرولوژیکی از میانگین متحرک ۵ ساله استفاده که نتایج این شاخص در شکل ۶ آورده شده است. در ایستگاه‌های هلیلان، تنگ سازین، نظر آباد به طور واضح دیده می‌شود که در سال‌های اخیر روند خشکسالی افزایشی بوده است. در این سه ایستگاه دیده می‌شود که از سال ۱۳۷۵ به بعد حجم جریان ایستگاه‌ها از حالت نرمال یا میانگین ۳۰ ساله کمتر بوده است و بیشترین اختلاف از میانگین در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۷ دیده شده‌است. بنابراین این سه ایستگاه در طول سه دهه گذشته در ۱۵ سال اخیر از حالت نرمال کمتر شده (از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۹) است. این موضوع از بسیار نظر این قابل تامل می‌باشد، مخصوصا از نظر منابع آب که با رشد تصاعدی جمعیت و افزایش نیازها، باعث افزایش تقاضای آب از جهات مختلف شامل کشاورزی، صنعتی، شرب و

را در طی سه دهه اخیر تجربه کرده اند. هم چنین همه ایستگاه‌ها یک دوره خشکسالی را در بین سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ پشت سر گذاشته اند. بنابراین نتایج میانگین متحرک نشان می‌دهد که مدت و شدت خشکسالی هیدرولوژیکی دارای افزایشی بوده است.

هیدرولوژیکی و یک دوره ۵ ساله خشکسالی هیدرولوژیکی شده است. ایستگاه‌های سرجوی و دارتوت نتایجی تقریباً یکسانی را با توجه به میانگین متحرک نشان می‌دهند. همه ایستگاه‌ها طبق نتایج میانگین متحرک نشان دادند که طی بازه زمانی ۱۳۷۰ تا ۱۳۷۵ یک دوره ترسالی شدید



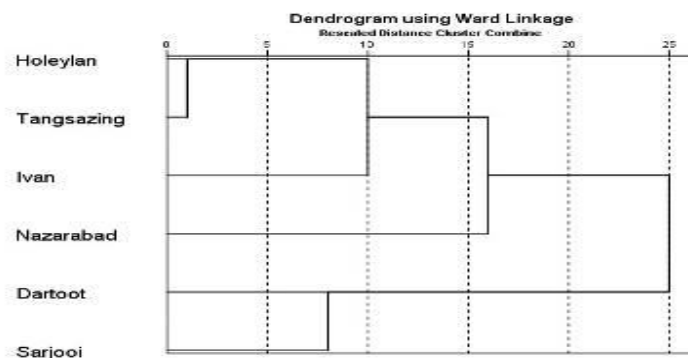
شکل ۶- میانگین متحرک ۵ ساله برای سری‌های زمانی دبی رودخانه (۱۳۶۰ تا ۱۳۹۰).

استان در سه کلاسه مختلف طبقه‌بندی شدند. در کلاسه یک، ایستگاه‌های ایوان، هلیلان و تنگ سازین قرار گرفته‌اند که در بیشتر سال‌ها شرایط خشکسالی یکسانی را پشت سر گذاشته‌اند. در کلاسه یک تنها در سال

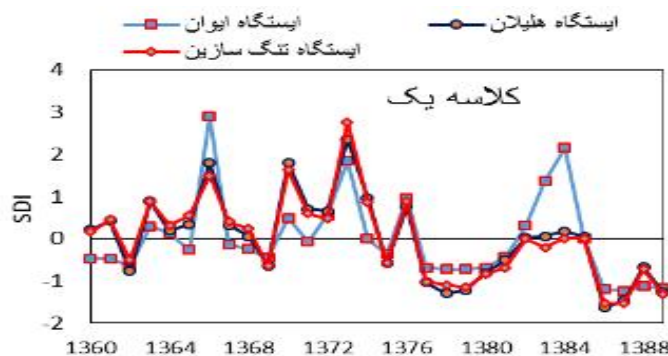
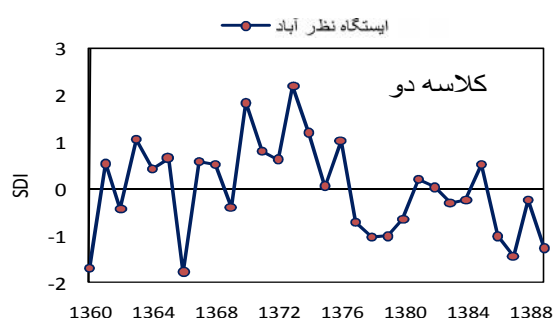
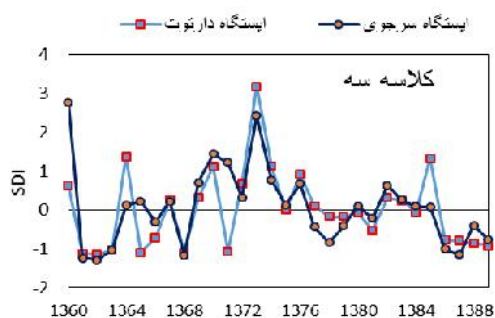
برای تعیین مناطق همگن از لحاظ شرایط خشکسالی هیدرولوژیکی از خوشه بندی سلسله مراتبی استفاده شد که نتایج آن در شکل‌های ۷ و ۸ آورده شده است. بر اساس دندروگرام ایستگاه‌های هیدرومتری

هیدرولوژیکی در ایستگاه با بقیه تفاوت بوده است. در نهایت در کلاسه ۳ دو ایستگاه سرجوی و دارتوت قرار گرفته است.

۱۳۸۴ یک ترسالی شدید اتفاق افتاده است که در دو ایستگاه دیگر مشاهده نشده است. در کلاسه ۲ تنها ایستگاه نظر آباد قرار گرفته است که شرایط خشکسالی



شکل ۷- کلاسه بندی ایستگاه های هیدرومتری



شکل ۸- کلاسه های مختلف خشکسالی جریان آب سطحی استان ایلام

داده های ایستگاه های آب سنجی ایوان، هلیلان، سرجوی، سازین، دارتوت و نظرآباد با استفاده از آزمون های ناپارامتری من- کندال و تحلیل رگرسیون در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که دبی سالانه در همه ایستگاه ها دارای روند

جهت بررسی روند جریان آب رودخانه ها مرتبط با خشکسالی هیدرولوژیکی طی سه دهه گذشته از آزمون های من- کندال و شیب خط رگرسیونی استفاده شد که نتایج این آزمون در جداول ۳ و ۴ به ترتیب آورده شده است. برای این منظور از سری های فصلی و سالانه

کلاسه‌بندی و آنالیز شدت و مدت خشکسالی‌های جریان آب سطحی ۱۳۶

کاهش در سه دهه اخیر بوده است. روندهای کاهشی معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد در داده‌های دبی سالانه ایستگاه‌های هلیلان و سازبن و در سطح ۹۵ درصد ایستگاه نظر بوده است. مقادیر دبی فصلی در همه ایستگاه‌ها نیز کاهشی بوده است. ایستگاه‌های هلیلان، نظرآباد و تنگ سازبن در تمام سری‌های فصلی و سالانه در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد روند کاهشی را نشان دادند. در مقابل ایستگاه‌های دارتوت و سرجوی روند معنی‌داری در سری‌های زمانی فصلی و سالانه را نشان ندادند. ایستگاه ایوان تنها در سری فصلی پاییز و تابستان معنی‌دار در

سطح ۹۹ درصد بوده است. نتایج شیب خطرگرسبون جهت تحلیل روند همچنین در همه ایستگاه‌ها روند کاهشی را نشان می‌دهد. اما در بیشتر سری‌های زمانی روند معنی‌دار کاهشی را نشان نمی‌دهند. مطالعات زیادی در مورد روند تغییرات دبی در کشور انجام شده است که تاییدکننده نتایج این تحقیق می‌باشد. معرفی و طبری (۷) از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری جهت تحلیل روند تغییرات دبی سالانه، فصلی و ماهانه دبی رودخانه مارون استفاده کردند. نتایج تحقیق آنها نشان می‌دهد که در طول دو دهه مقادیر دبی سالانه نزولی بوده است.

جدول ۳- نتایج آزمون Mann-Kendall

ایستگاه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
ایوان	-۲/۶۶**	-۱/۲۱	-۱/۶۲	-۳/۴۹**	-۱/۳۷
هلیلان	-۳/۶۱**	-۲/۲۴*	-۲/۷۱**	-۲/۴۶*	-۲/۷۴**
دارتوت	-۰/۲۵	-۰/۲۳	-۰/۲۵	-۰/۳۴	۰
تنگ سازبن	-۳/۵۶**	-۲/۵۳**	-۲/۹۲**	-۳/۴**	-۲/۹۶**
سرجوی	-۱/۷۱	-۱/۲۷	-۰/۴۶	-۱/۶۴	-۰/۹۵
نظرآباد	-۳/۰۳**	-۲/۳۱**	-۳/۱۰**	-۲/۳۱*	-۲/۵۶*

** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد

جدول ۴- نتایج آزمون شیب خط رگرسیون

ایستگاه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
ایوان	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱*	-۰/۰۱
هلیلان	-۱/۲۸	-۲/۸*	-۳/۵*	-۰/۳*	-۱/۹۵*
دارتوت	-۰/۰۱	-۰/۰۰۶	-۰/۰۱	۰/۰۰۸	-۰/۰۰۱
سازبن	-۱/۷	-۳/۴**	-۴/۲**	۰/۴**	-۲/۴۶**
سرجوی	-۰/۴	-۰/۰۱۳	-۰/۰۳۳	-۰/۰۳*	-۰/۰۳
نظرآباد	-۱/۲۱	-۱/۴۳	-۲/۶۶	-۰/۲۱	-۱/۳۸

** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد، * معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد

غیرطبیعی سبب کاهشی و تغییرات معنی‌دار شده را جلب می‌کند. بنابراین افزایش مدت و روند خشکسالی هیدرولوژیکی و از طرف دیگر کاهش روند دبی رودخانه‌های استان مدیریت و پیش‌بینی عرضه و تقاضا منابع آب را برای حال و آینده الزام می‌دارد.

بنابراین افزایش روند خشکسالی‌های هیدرولوژیکی در استان و از طرف دیگر کاهش جریان آب رودخانه‌های استان می‌تواند نگرانی زیادی را برای مدیران، کارگزاران و متصدیان ایجاد کند. لذا این مطالعات الزام می‌نماید که توجه به منابع آبی استان که تحت تاثیر عوامل طبیعی و

منابع

1. Bayzadi, M. and B. Saghafian. 2011. Regional analyses of streamflow droughts in sought west of Iran. Iran-Watershed Management Science and Engineering, 14: 37-52.
2. Bayazid, M., B. Saghafian, H. Sadafi and F. Kaveh. 2009. Analysis of hydrological drought in karon river basin by daily discharge data, Watershed Management Researches Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 86: 52-63.
3. Eslami, A. and A. Shokohi. 2013. Analysis of stream flow conditions using hydrologic environmental drought index. Journal of Watershed Management and Engineering, 5: 16-26.
4. Karimi, V., M. Habibnazar, V. Roshan and A. Abkar. 2010. Investigation of meteorological drought Indexes in Mazandaran synoptic Stations. The Iranian Society of Irrigation and Water, 2: 15-25.
5. Karpouzios, D.K., S. Kavalieratou and C. Babajimopoulos. 2010. Non-parametric trend analysis of precipitation data in Pieria Region (Greece), European Water, 30: 31-40.
6. Mahdavi, M. 2009. Applied Hydrology. 2nd edn., University of Tehran, Iran, 259pp.
7. Marofi, S. and H. Tabari. 2011. Detection of Maroon River Flow Trends Using Parametric and Non-Parametric Methods, Geographical Research 26: 125-146.

8. Mofidipoor, N., V. Sheikh, M. Ownegh and A. Sadodin. 2012. The Analysis of Relationship between Meteorological and Hydrological Droughts in Atrak Watershed. *Journal of Watershed Management Research*, 3: 16-26.
9. Morid, S. and S.H. Paymazd. 2007. Compare the metrological and hydrological methods for daily droughts monitoring. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11: 325-333.
10. Moradi, H., A. Sepahvand and M. Khazayi. 2009. Assessment of meteorological and hydrological drought by using the modified SPI index and SDI (Case study: watershed Khorramabad). 5th National Conference on Science and Engineering Iranian Watershed, 100-117 pp.
11. Nalbantis, I. 2008. Evalution of a Hydrological Drought Index. *European Water*, 23/24: 6770-6777.
12. Nalbantis, I. and G. Tsakiris. 2009. Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23: 881-897.
13. Palmer, W.C. 1965. Meteorological Drought. USWB, Res. Paper No.45.
14. Raziei, T., B. Saghafian, A.A. Paulo., L.S. Pereira and I. Bordi. 2009. Spatial patterns and temporal variability of drought in western Iran. *Water Resour Manage*, 23: 439-455.
15. Shafer, B.A. and L.E. Dezman. 1982. Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. In *Proceeding of the (50 th) Annual Westem Snow Conference*. 75-164 Fort Collins, CO: Colorado State University.
16. Tabari, H., J. Nikbakht and P. Hosseinzadeh Talaee. 2012. Hydrological Drought Assessment in Northwestern Iran Based on Streamflow Drought Index. *Water Resour Manage*, 27: 137-151.
17. Yevjevich, V. 1967. An objective to Definition and Investigations of Continental Hydrologic Droughts. *Hydrology Paper*, 23, Colorado State University, Fort Colins, USA.

Clustering and Analyzing of Surface Water Droughts Severity and Duration (Case Study: Ilam Province)

Majid Kazemzadeh¹, Zahra Noori², Ali Reza Moghadamnia³ and Arash Malekian⁴

1- M.Sc. Student, University of Tehran, (Corresponding author: mkazemzadeh@ut.ac.ir)

2, 3 and 4- M.Sc. Student, Associate Professor and Assistant Professor, University of Tehran

Received: May 21, 2014

Accepted: December 29, 2014

Abstract

Droughts event can be effect on available groundwater and water resources in the many components that it cause deficit. This purpose, for the deal with droughts hazard for make decisions it is necessary to monitoring and assessing droughts feature in point of view concluding; severity, geographic extending. In this study the hydrological droughts analyzed based on the clustering, surface water index and moving average methods in the 6 selected hydrometric stations in Ilam province over the 1982-2011. The results of the SDI showed that only occurred the moderate and slightly droughts states for the 3 and 6 reference periods. In the 9 and 12 reference periods, additionally we observed the severity droughts states in the three past decade. All of the stations experienced one wet year severity droughts in over the 1991 to 1996 period in the three past three decade. In contrast, all of the stations had been in the hydrological droughts event in over the 1996 to 2006. Hydrometric stations classified in three clusters based on surface water drought statuses. The results of clustering showed that Ivan, Holeylan and Tangsazin stations labeled in cluster 1 and Nazarabad station in cluser 2 and finally the Sarjooi and Dartoot stations classified in cluster 3. Ultimately, The Mann-Kendall and Linear Regression were applied to explore the relationship between hydrological droughts and river flow trends. The results of the trends test showed that all of the stations had decreasing trends.

Keywords: River flow, Drought, Clustering, Moving Average, Ilam province