

واژه‌های کلیدی: شدت فروکش، مشارکت جریان، برنامه ماکرو، خشکسالی هیدرولوژیکی، تحلیل فروکش

تحلیل منحنی فروکش اصلی دبی روزانه جریان در رودخانه نیرچای اردبیل

مقدمه

خشکسالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است که تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد، ولی مشخصات آن در مناطق مختلف، متفاوت است و با پدیده خشکی تفاوت دارد [۷]. خشکسالی از دیدگاه محققان مختلف به شکل‌های مختلفی تعریف می‌شود. یکی از جامع‌ترین و کامل‌ترین تعاریف برای این پدیده توسط پالمر [۱۳] و تحت عنوان کمبود غیرطبیعی و مستمر رطوبت ارائه شده است. خشکسالی به مفهوم کاهش میزان نزولات آسمانی نسبت به میانگین طولانی مدت منطقه است [۱۱]. تنوع مقیاس‌های مکانی و زمانی موجب شده است تا خشکسالی به پدیده‌ای منحصر به فرد تبدیل شود. لیکن با تحلیل آمار و اطلاعات موجود می‌توان وقوع آن را برای دوره‌های بازگشت مختلف برآورد نمود و با اتخاذ تدابیر مدیریتی و اجرای طرح‌های مقابله و سازش با خشکسالی، تأثیرات و پیامدهای ناشی از آن را کاهش داد. خشکسالی نه تنها بر منابع آب سطحی، بلکه در درازمدت بر منابع آب زیرزمینی هم تأثیر می‌گذارد و می‌تواند باعث کاهش حجم ذخیره و کیفیت آب، کاهش تولید محصولات کشاورزی، کاهش تولید نیروی برق آبی، اختلال در زیستگاه‌های حواشی رودخانه شده و همچنین بر فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی تأثیرگذار باشد [۱۱]. خشکسالی با سه مشخصه تداوم خشکسالی، شدت خشکسالی و مقدار تجمعی کمبود شناخته می‌شود که در طی قرن بیستم در هر دو مقیاس منطقه‌ای و جهانی افزایش داشته است که به افزایش گرم شدن کره زمین نسبت داده می‌شود [۶]. با توجه به تنوع تعاریف خشکسالی، شاخص‌ها و روش‌های مطالعه خشکسالی نیز متفاوت بوده و پارامترهای متفاوتی هم‌چون بارندگی، رطوبت خاک، جریان سطحی، مخازن زیرزمینی و خسارت‌های اقتصادی را مورد توجه قرار می‌دهند، اما هیچ‌کدام از شاخص‌های مهم به‌طور قطع نسبت به سایر شاخص‌ها برتر نبوده و هر کدام از آن‌ها برای اهدافی خاص مناسب‌تر از دیگر شاخص‌ها است [۵]. شاخص‌های خشکسالی هیدرولوژیکی اطلاعات مفیدی از وضعیت منابع آب ارائه می‌دهد، که تصمیم‌گیری براساس آن بسیار کارآمدتر از استفاده از داده‌های اولیه با حجم زیاد است. در خشکسالی هیدرولوژیکی سطح آب رودخانه‌ها، مخازن آب دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی به پایین‌تر از میانگین بلندمدت کاهش می‌یابد که و زندگی جوامع

ناهیده پرچی،^۱ رنوف مصطفی‌زاده،^۲ اباذر اسمعیلی عوری،^۳

رسول ایمانی^۴

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۲/۰۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۰۹

چکیده

یکی از راه‌های ارزیابی وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی در جریان رودخانه‌ای، استفاده از تحلیل منحنی فروکش جریان است. هدف از تحقیق حاضر، تهیه منحنی فروکش اصلی، خصوصیات منحنی فروکش جریان است. منحنی فروکش جریان نشان‌دهنده ماهیت رژیم دبی جریان و منشاء تولید دبی جریان رودخانه است و شکل منحنی فروکش بیان‌گر واکنش هیدرولوژیک و مشارکت آب زیرزمینی است. در تحقیق حاضر از آمار دبی روزانه ایستگاه هیدرومتری نیر بر رودخانه نیرچای استان اردبیل از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۴ استفاده شده است. برای این منظور از برنامه VB ارائه شده توسط پوساوی و همکاران (۲۰۰۶) در محیط اکسل برای به‌دست آوردن معادلات رگرسیونی (خطی، نمایی، لگاریتمی، چندجمله‌ای نوع اول و چندجمله‌ای نوع دوم) منحنی فروکش اصلی استفاده شد. پس از محاسبه منحنی فروکش اصلی، مقادیر ضرایب منحنی فروکش و ضریب تبیین برای ایستگاه مورد مطالعه مشخص شد، سپس مقدار ضریب تبیین فرمول‌های رگرسیونی حاصل محاسبه شد و براساس آن معادله نمایی با ضریب تبیین ۰/۹۱ به‌عنوان بهترین معادله رگرسیونی انتخاب شد. ضریب شیب معادله برابر ۰/۰۷- و مقدار ثابت ۰/۴۴۳ است.

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
- ۲- استادیار گروه منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، نویسنده مسئول
Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir
- ۳- دانشیار گروه منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی.
- ۴- دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان.

مختلف را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از جمله این شاخص‌ها، شاخص منحنی فروکش اصلی (MRC) می‌باشد. منحنی فروکش (منحنی فروکش جزئی) قسمت پایین‌رونده از هیدروگراف است که بستگی به فرآیندهای زهکشی و تخلیه آب از حوزه دارد. در یک واقعه بارش-رواناب، پس از رسیدن دبی به مقدار اوج با قطع بارندگی ابتدا دبی سیلاب با شدت نسبتاً زیادی کاهش یافته اما پس از مدتی در منحنی پایین‌رونده هیدروگراف تغییر شیب یا نقطه عطف ایجاد می‌شود و دبی سیلاب با شدت کم‌تری کاهش می‌یابد. فروکش کردن سیل از این نقطه به بعد مستقل از خصوصیات بارش بوده و فقط بستگی به وضعیت زهکشی حوزه از نظر تخلیه آب زیرزمینی، رواناب‌های تاخیری و زیرسطحی و خارج شدن آب ذخیره شده در سطح حوزه دارد. این بخش از هیدروگراف منحنی فروکش نامیده می‌شود [۲ و ۱۲]. منحنی فروکش به آب‌های زیرزمینی، کاربری اراضی، ویژگی‌های توزیع بارش، ذخیره‌سازی کانال، خصوصیات هیدرولوژیکی آبخوان و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. مزیت اصلی تحلیل منحنی فروکش فراهم آوردن مجموعه‌ای از پارامترهای کمی در خصوص شرایط شبکه زهکشی است. با استفاده از ضریب فروکش و مقادیر اولیه تخلیه، مقادیر رواناب سطحی، آب زیرقشری و بخش‌های رواناب جزئی (زیررژیم‌ها) می‌توانند به‌طور کامل تفسیر شوند. اما مشکل معمول در استفاده از منحنی‌های فروکش منفرد (جزئی) حاصل از دوره‌های زمانی محدود، توصیف فرآیند فروکش به‌صورت محدود است. از این رو، روش‌های مختلف ترکیب و تبدیل منحنی‌های جزئی به یک منحنی فروکش اصلی (MRC) با طولانی‌ترین دوره به‌منظور پوشش دادن تمام دبی‌های جریان ثبت شده ایجاد شده است. روش‌های مختلفی که برای تهیه منحنی فروکش اصلی توسعه یافته‌اند، دارای قابلیت‌ها و محدودیت‌های کاربردی هستند [۳]. منحنی فروکش اصلی (MRC) در هیدروگراف نشان‌دهنده میانگینی از مجموعه دوره‌های فروکش جزئی جریان آب می‌باشد و شکل آن نشان‌دهنده خواص هیدرودینامیک سیستم آبخوان و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی حوزه آبخیز است [۱]. اگرچه MRC، به‌دلیل میانگین حاصل از منحنی‌های فروکش جزئی ممکن است جزئیات تغییرات فروکش را به خوبی نمایش ندهد، اما تجزیه و تحلیل منحنی فروکش اصلی در اغلب موارد نقش مؤثری در پیش‌بینی کمیت جریان و برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب در انواع کاربری‌های شرب، کشاورزی، صنعتی و تولید برق دارد [۱۹]. جریان‌های کم رودخانه‌ها در طول دوره‌های خشک و کم باران معمولاً ناشی از تغذیه تدریجی آن از آب زیرزمینی، دریاچه‌ها، مرداب‌ها و یا یخچال‌ها است [۱۸]. از این رو تحلیل شاخص MRC می‌تواند راهنمای مناسبی در تغییرات فروکش رودخانه‌ای و وقوع خشکسالی باشد. در این راستا مطالعاتی انجام شده است. وگل و کرول [۲۱] در ماساچوست غربی با هدف تعیین منحنی جریان دائمی و تأثیر برزهکشی و تخلخل خاک و استفاده از روش

1. Master Recession Curve (MRC)

آماری نتیجه گرفتند که ثابت فروکش جریان پایه را می‌توان به‌عنوان یک جایگزین برای هدایت الکتریکی آبخیز و تخلخل خاک تخلیه شده، استفاده کرد. استیفان کینزلی [۸]، حوزه آبخیز (URBW) در مرکز آلبرتا را مورد بررسی قرار داد و بیان کرد، خواص هیدرولیک از ترکیب تخلیه دریاچه و پایداری شاخص منحنی فروکش اصلی جریان با یک شیب ملایم نشان‌دهنده همبستگی بسیار قوی بین زمان و جریان می‌باشد، ذخیره‌سازی آب‌های زیرزمینی، تالاب‌ها و آب‌های زیرزمینی آبشار رودخانه URBW در حالت پایدار یا غیرپایدار بارش بارندگی واکنش نشان می‌دهد. رویرو و همکاران [۱۶] به بررسی تخمین طول دوره خشکیدگی و سرعت خشکیدگی آب زیرزمینی در حوزه آبخیز در رودخانه زرد چین پرداختند. مطالعات نشان داد که ضریب خشکیدگی از ۰/۷۲ تا ۰/۹۴ متغیر بوده که در مناطق لسی بیش‌ترین و در مناطق شنی کم‌ترین مقدار را داشته است و نیز طول دوره خشکیدگی آب زیرزمینی از ۳۴ تا ۳۴۲ روز در زیرحوزه‌های مختلف، متفاوت بوده است. وان لن و همکاران [۲۰] در یک مطالعه کنترل شدت خشکسالی هیدرولوژیکی را در ۴۴ حوزه کشور اتریش با سری‌های زمانی طولانی از داده‌های هواشناسی (۵۰ ساله) و ویژگی‌های فیزیوگرافی حوزه آبخیز با استفاده از روش آستانه متغیر بررسی کردند، هم‌چنین از روش‌های مختلف آماری از جمله تجزیه و تحلیل همبستگی و مدل‌های رگرسیون یک و چندمتغیره استفاده نمودند، نتایج نشان داد که مدت زمان خشکسالی هیدرولوژیکی در رودخانه‌ها و در درجه اول مربوط به کنترل مقدار ذخیره‌سازی در رودخانه، اندازه‌گیری شاخص جریان پایه و ترکیبی از ویژگی‌های مربوط به ذخیره آب‌های زیرزمینی است. لین و همکاران [۱۰] همبستگی بین خشکسالی هیدرولوژیکی، فاکتورهای اقلیمی، عملیات مخزن و پوشش گیاهی را در حوزه ژیبیانگ در جنوب چین مورد مطالعه قرار دادند که با استفاده از روش تجزیه حالت متقارن نقطه عطف (ESMD) تغییرات دوره ای در خشکسالی‌های هیدرولوژیکی را با بکارگیری شاخص خشکسالی جریان آب سطحی (SDI) بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که خشکسالی هیدرولوژیک بیش‌ترین پاسخ را به ENSI بهار (نوسان جنوبی النینو) داشته است و واکنش فروکش در زیر حوزه‌ها عمدتاً در ۸-۹ ماه است به غیر از رودخانه ییبیانگ که عمدتاً ۵ تا ۸ ماه مه باشد. مخزن موجود در رودخانه یوجینگ، شدت خشکسالی را ۵۲ تا ۹۵/۸ درصد کاهش داده است.

یانگ و همکاران [۲۲] به برآورد جریان پایه براساس منحنی‌های فروکش اصلی (MRC) با توجه به فصلی بودن و شرایط جریان در ۳ حوزه آبخیز اصلی داخلی (رودخانه‌های هان، ناکدونگ و گئوم) در کشور کره‌جنوبی پرداختند. ایشان از برنامه VB استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که ضریب تبیین MRC جریان دارای مقدار پایین‌تر از ۰/۵ می‌باشد. هم‌چنین، MRC‌های شرایط جریان دارای توزیع زیادی از جریان بوده بنابراین نمی‌تواند برای جداسازی جریان پایه به‌کار رود. MRC‌های فصلی واجد شرایط جداسازی

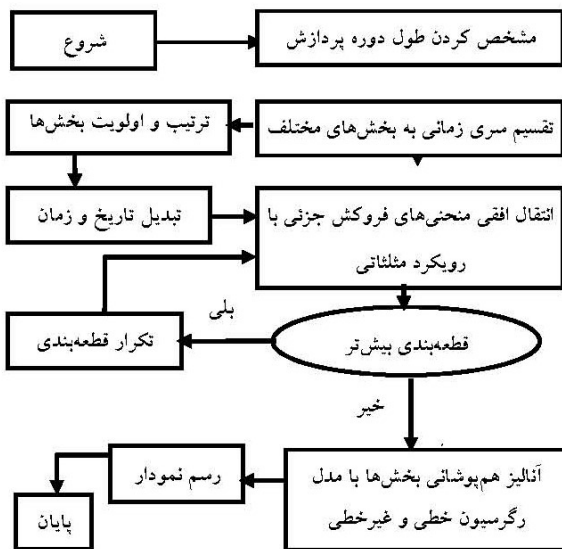
این فرآیند، تابع کاهش نمایی مطابق رابطه ۱ می‌باشد: [۱۶] و [۱۷].

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t} \quad (1)$$

که در آن، Q_t دبی در زمان t ، Q_0 دبی اولیه و α ثابت خشکیدگی جریان پایه است. ضریب خشکیدگی (α) نیز با استفاده معادله (۲) تعیین می‌شود.

$$K = \exp(-\alpha) = \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{1/t} \quad (2)$$

که در آن، K تابعی از شیب خط همبستگی (Q/Q_0) و تاخیر زمانی t و شیب منحنی بیانگر منحنی فروکش اصلی است. از آنجایی که طبق معادله‌های (۱) و (۲) دبی شاخه خشکیدگی در گام‌های زمانی مختلف با دبی گام زمانی قبل (روز) توسط ضریب خشکیدگی مرتبط است، می‌توان با تعیین ضریب مذکور برآورد نسبتاً دقیقی از جریان در روزهای متوالی فروکش به‌دست آورد. ترکیب منحنی‌های خشکیدگی جزئی در سری‌های زمانی مختلف و هم‌پوشانی آن‌ها، موقعیت MRC را ایجاد می‌کند، در حقیقت آماده‌کردن داده‌ها به‌صورت بصری برای هم‌پوشانی بخش‌های فروکش جزئی و تهیه MRC به‌وسیله مدل رویکرد الگوریتم رگرسیون خطی و غیرخطی انجام می‌شود [۱۴]. نمودار جریانی رویکرد مورد استفاده در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱: نمودار جریانی رویکرد الگوریتم مورد استفاده در تهیه MRC [۱۴]

مفهوم کلی الگوریتم شامل گام‌هایی است که در زیر به اختصار شرح داده شده‌اند [۴].

- گام (۱) پردازش طول دوره آماری داده‌ها
- گام (۲) ایجاد منحنی فروکش جزئی با سری زمانی مختلف فروکش جریان
- گام (۳) مرتب کردن بخش‌های فروکش جزئی حاصل، از بالاترین

جریان پایه هستند که به‌طور مناسب نشان‌دهنده تنوع فصلی جریان پایه است. از آن‌جا که تاکنون تحقیقی در خصوص استخراج و تحلیل منحنی فروکش اصلی در کشور انجام نشده است، لذا هدف تحقیق حاضر تشریح کاربردهای منحنی فروکش اصلی و نیز فرآیند تهیه منحنی فروکش اصلی با استفاده از برنامه کاربردی ارائه شده توسط پوساوی و همکاران [۱۴] است، که نتایج آن در یک رودخانه دائمی در استان اردبیل ارائه شده است.

روش تحقیق

معرفی برنامه کامپیوتری VB1

برنامه‌های صفحه گسترده موجود به منظور تحلیل منحنی فروکش براساس هیدروگراف جریان کل دوره و هیدروگراف در یک دوره انتخابی که توسعه داده شده است، می‌باشد. برنامه‌های صفحه گسترده موجود به منظور تحلیل منحنی فروکش براساس هیدروگراف جریان کل دوره و هیدروگراف در یک دوره انتخابی توسط کریستیان پوساوی (۱۴) ارائه شده است. در اجرای نرم‌افزار ماکرو جهت استخراج منحنی فروکش اصلی از داده‌های دبی جریان و در نرم‌افزار اکسل استفاده می‌شود. فرمت ورودی داده‌ها مطابق فرمت برنامه اکسل است. با توجه به تایید فرآیند محاسبات در نرم‌افزار مذکور، کاربر می‌تواند با ایجاد تغییرات جزئی در برنامه آن را برای اهداف خاص و یا محاسبه منحنی در یک دوره مشخص (کم آب یا پرآب) تغییر دهد. روش کامپیوتری ارائه شده در استخراج منحنی فروکش اصلی بر پایه ۳ رویکرد استوار است: ۱- داده‌های فروکش جریان می‌تواند داده‌های دبی آب سطحی، داده‌های کیفیت آب رودخانه و یا داده‌های آبدی چشمه و یا جریان آب‌های زیرزمینی باشد. ۲- منحنی فروکش برای آنالیز داده‌های پرت مناسب نیست، این فرآیند ممکن است به‌طور اتوماتیک داده‌ها را فیلتر کند و معیار براساس دیگر داده‌ها باشد. ۳- در برنامه مذکور، ابتدا منحنی‌های فروکش جزئی استخراج شده و سپس براساس پردازش یک معادله اصلی بر داده‌های مذکور، منحنی فروکش اصلی ترسیم می‌گردد [۹]. برنامه مذکور برای تجزیه و تحلیل بخش‌های فروکش سری‌های زمانی، مانند تخلیه جریان روزانه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این برنامه با استفاده از الگوریتم‌های ماکرو ساخته شده است که با استفاده از ۵ مدل رگرسیون خطی، چندجمله‌ای، لگاریتمی، نمایی و توانی منحنی فروکش جریان به‌دست می‌آید [۱۲]. بخش‌های منحنی فروکش پردازش می‌شوند و در نهایت با ترکیب تمام بخش‌های فروکش اصلی، مدل رگرسیون مناسب ارائه می‌شود. منحنی فروکش اصلی نموداری است که از پردازش کامل میان همه داده‌های مشاهداتی جریان حاصل می‌شود.

تهیه منحنی‌های خشکیدگی جزئی

شاخه خشکیدگی هیدروگراف، بیانگر چگونگی کاهش جریان بعد از قطع بارش است و متداول‌ترین رابطه ریاضی برای تشریح

به پایین‌ترین در بازه زمانی فروکش جریان گام (۴) در نظر گرفتن بازه زمانی صفر در ابتدا برای هر منحنی فروکش

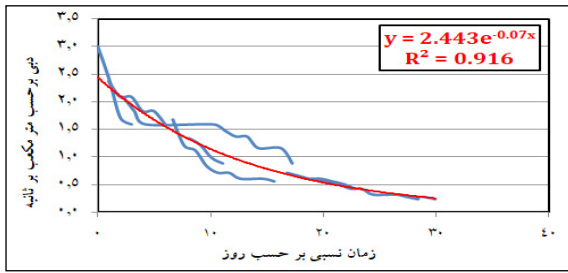
گام (۵) تکرار در هم‌پوشانی تمام بخش‌های فروکش جزئی
گام (۶) ترکیب منحنی فروکش جزئی و آنالیز آن‌ها با استفاده از رگرسیون خطی و غیرخطی

تهیه منحنی فروکش اصلی (MRC)

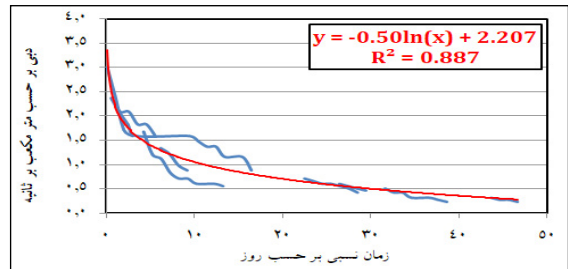
از روش‌هایی که به منظور میانگین‌گیری یا ترکیب شاخه‌های خشکیدگی جزئی به منظور یافتن افت جریان پایه مینا در یک حوزه انجام می‌شود، می‌توان به روش منحنی فروکش اصلی اشاره کرد که یکی از متداول‌ترین تکنیک‌های آن، شیوه همبستگی است. این روش شامل ترسیم دبی جریان در مقابل دبی در یک زمان دلخواه در طول دوره‌های فروکش است. با برازش یک خط رگرسیون و شناسایی و حذف داده‌های پرت براساس باقی‌مانده‌ها، منحنی فروکش اصلی حوزه مشخص می‌شود.

برای تهیه منحنی فروکش اصلی از برنامه ماکرو (VB) بر مبنای اکسل استفاده می‌شود. که در این برنامه پنج مدل رگرسیون خطی/غیرخطی مختلف برای تنظیم بخش‌های مناسب برای تنظیم بخش‌های منحنی فروکش اصلی به موقعیت‌های مناسب در MRC در نظر گرفته شده است.

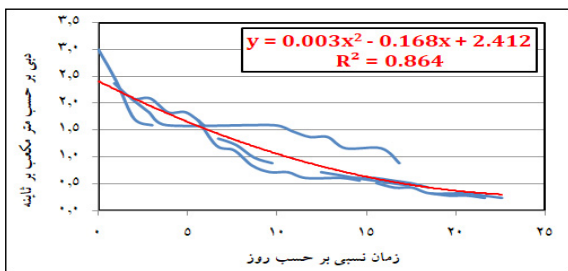
با استفاده از ماژول مذکور، منحنی‌های فروکش اصلی رودخانه نیر در استان اردبیل که یک رودخانه دائمی در بالادست حوزه آبخیز بالیخولچای در استان اردبیل است، با استفاده از داده‌های دبی روزانه تهیه شد. نتایج در شکل ۲ تا ۷ برای معادلات مختلف ارائه شده است.



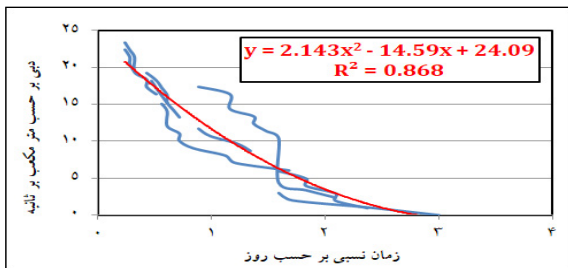
شکل ۴: منحنی فروکش اصلی رودخانه نیر با معادله نمایی



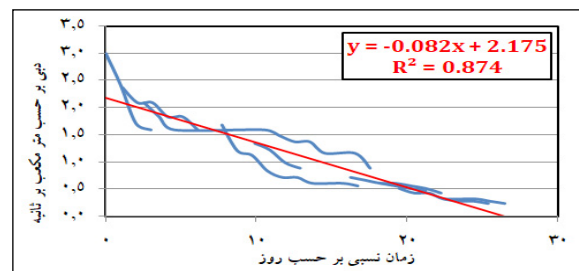
شکل ۵: منحنی فروکش اصلی رودخانه نیر با معادله لگاریتمی



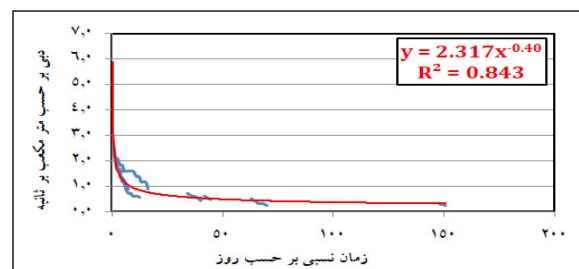
شکل ۶: منحنی فروکش اصلی رودخانه نیر با معادله چندجمله‌ای نوع اول



شکل ۷: منحنی فروکش اصلی رودخانه نیر با معادله چندجمله‌ای نوع دوم



شکل ۲: منحنی فروکش اصلی رودخانه نیر با معادله خطی



شکل ۳: منحنی فروکش اصلی رودخانه نیر با معادله توانی

تحلیل خشکسالی با MRC

برای تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از منحنی فروکش اصلی ابتدا منحنی‌های فروکش جزئی رودخانه‌ها با استفاده از روابط (۱) و (۲) به دست می‌آید، سپس با استفاده از برنامه ماکرو، اقدام به تهیه منحنی فروکش اصلی جریان با معادلات رگرسیون خطی، نمایی، توانی، لگاریتمی و چندجمله‌ای در ایستگاه هیدرومتری منتخب می‌شود و سپس خصوصیات منحنی فروکش اصلی مانند، شاخص حجم تخلیه، شیب فروکش، اوج و مقادیر

کمینه بر اساس داده‌های دبی محاسبه شده و می‌توان تغییرات زمانی خصوصیات منحنی فروکش اصلی را ارزیابی نمود. از طریق محاسبه ضرایب معادلات رگرسیونی و شیب معادلات رگرسیونی می‌توان به خصوصیات مقایسه‌ای جریان در رودخانه‌های مختلف پی برد. علاوه بر این، تغییرات زمانی ضرایب و شیب آن‌ها می‌تواند در تغییر رژیم جریان در درازمدت مورد استفاده قرار گیرد. مقدار شیب منحنی فروکش اصلی در روش‌های مختلف در دامنه عددی بین ۰/۰۷- تا ۱۴/۵۹- تغییر می‌کند. مقادیر ثابت منحنی‌های فروکش جریان در روابط ارائه شده در دامنه ۰/۴۴۳ تا ۲۴/۰۹ تغییر می‌کند و در اکثر معادلات مقدار ثابت حدود ۲ برآورد شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مسائل مهم و اساسی در کشورهای مختلف بهره‌برداری بهینه از منابع آب و جلوگیری از اتلاف آن است. حصول اطمینان از شرایط خشکسالی و جریان‌های کم به منظور برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب، توجیه اقتصادی پروژه‌های آبی احداث شده در مسیر رودخانه‌ها، حفظ حیات وحش، تولید برق آبی، حفظ محیط زیست، مدیریت کیفی آب، مدیریت آب‌های زیرزمینی، آب‌رسانی از شهرها ضروری است. افزایش برداشت از آب‌های سطحی و به ویژه آب‌های زیرزمینی (چاه، قنات و چشمه) در بخش کشاورزی، بیش‌ترین سهم را در مصرف منابع آبی موجود کشور و در نهایت ایجاد خشکسالی شده است. منحنی فروکش به شرایط آبخوان و ذخیره آب‌های زیرزمینی، کاربری اراضی، ویژگی‌های توزیع بارش، ذخیره‌سازی کانال، خصوصیات هیدرولوژیکی آبخوان و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. مزیت اصلی تحلیل منحنی فروکش فراهم آوردن مجموعه‌ای از پارامترهای کمی در خصوص شرایط شبکه زهکشی است. با استفاده از ضریب فروکش و مقادیر اولیه تخلیه، مقادیر رواناب سطحی، آب زیرقشری و بخش‌های رواناب جزئی (زیررژیم‌ها) می‌توانند به‌طور کامل تفسیر شوند. اما مشکل معمول در استفاده از منحنی‌های فروکش منفرد حاصل از دوره‌های زمانی محدود، توصیف فرآیند فروکش به‌صورت محدود است. از این رو برای پوشش دادن تمام راه‌حل‌های ممکن، روش‌های مختلف ترکیب منحنی‌های جزئی به یک منحنی فروکش اصلی (MRC) با طولانی‌ترین دوره و پوشش تمام دبی‌های جریان ثبت شده ایجاد شده است. قابل ذکر است که در همه معادلات مختلف ارائه شده مقادیر ضریب تبیین بالاتر از ۰/۸۴ است، که نشان‌دهنده صحت بالای معادلات منحنی فروکش است. باید اشاره شود که عواملی هم‌چون بهره‌برداری از جریان رودخانه و یا انحراف جریان می‌تواند بر صحت معادله مذکور موثر باشد. رودخانه مورد مطالعه در بخش بالادست حوزه قرار گرفته و می‌توان گفت که دارای جریان طبیعی است و به‌نظر می‌رسد که یکی از دلایل صحت بالای برآورد در همه روش‌های مورد استفاده، جریان طبیعی رودخانه مذکور است. شاخص فروکش را می‌توان به‌عنوان شاخصی برای بهبود جریان

استفاده کرد، فروکش جریان در طول کاهش طول دوره بارش اتفاق افتاده و باعث ایجاد مخازن زیرسطحی و آب زیرزمینی درون یک حوزه می‌شود، این در صورتی است که میزان بارش کم شده و تبخیر از آب‌های زیرزمینی به میزان ناچیز بوده که حجم آن کم‌تر از فروکش جریان است. برنامه‌های کاربردی برای آنالیز فروکش جریان به‌منظور بررسی ذخیره آب زیرزمینی، تخمین مقیاس حوزه‌ها، تبخیر و تعرق، فعالیت‌های انسانی در پایین دست، جریان فروکش به‌صورت تناوبی، مقیاس مناسب نسبت تغییر در جریان انجام می‌شود. این برنامه‌ها برای سازگاری روش آنالیز فروکش، پیشنهادی برای ترکیب مقدار تعادل آب بر مقیاس حوزه‌ها است، از آنجایی که عوامل متعدد تغییرپذیری وجود دارد، بنابراین تعریف مهم برای مطالعه آنالیز فروکش و مقدار تأثیر تغییر در روش پیش‌بینی جریان می‌باشد.

منابع

- 1-Bonacci, O. 2001. Monthly and annual effective infiltration coefficient in Dinaric Karst: Example of the Gradole karst spring catchment. *Hydrological Sciences- Journal- des Sciences Hydrologiques*. 46(2): 287- 299.
- 2-Dolatabadi, N., Farid Hosseini, A., Davari, K., Mosaedi, A. 2011. Estimated baseflow using recursive digital filtering method and BFL- 3.0 software (case study: part of Maharlo- Bakhtegan Basin). 3rd Water Resources Managemant Conference. University of Agriculture Science and Natural Resource. 10p.
- 3-Gregor, M., Malik, P. 2012. Construction of Master Recession Curve using gentic algorithms. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 60(1). 3-15.
- 4-Gustard, A., Demuth, S. 2009. Mnual on low flow Estimation and Prediction. German National Committee for the International Hydrological Programme (HIP) of UNESCO and the Hydrology and Water Resources Programme (HWRP) of WMO Koblenz 2009. Parcel 9/3- 9/4. 78- 81.
- 5-Hayes, M. J., Svobod, M. D., Whihite, D. A. Vanyarkho, O. V. 1999. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 80(3): 429- 438.
- 6-He, B., Cui, X., Wang, H., Chen, A. 2014. Drought: The most important physical stress of terrestrial ecosystems. *Acta Ecologica Sinica*. 34(4): 179- 183.
- 7-Khazaei, M. R., Telvari, A., Jabbari, E. 2003. *Hydrological Drought frequency distribution analysis*

- 16-Ruirui, Z., Honging, Z., Changming, L. 2010. Estimation of ground water residence time and recession rate in watershed of the loess plateau. *Journal of Geographical Sciences*. 20(2): 273- 282.
- 17-Rutledge, A. T., Mesko, T. O. 1996. Estimated hydrological Characteristics of Shallow Aquifer System in the Valley and Ridge, the Blue Ridge and the piedmont physiographic provinces based on Analysis of Streamflow Recession and Baseflow. *USGS Geological Survey*. 1422-B: B1- B58.
- 18-Smakhtin, V. U. 2001. Estimating continuous monthly base flow time series and their possible application in the context of the ecological reserve. *Water S. A.* 27(2): 213- 217.
- 19-Tallaksen, L. M. 1995. A review of base flow recession analysis. *Journal of Hydrology*. 165(1-4): 349- 370.
- 20-VanLoon, A., Tjeldeman, E., Van Lanen, H., Wanders, N. 2014. How climate seasonality modifies drought duration and deficit. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 119(8): 4640- 4656.
- 21-Vogel, R. M., Kroll, C. N. 1992. Regional geohydrologic- geomorphic relationship for the estimation of low flow statistics. *Journal Water Resources Research*. 28(9): 2451- 2458.
- 22-Yang, D., L. Gwanjae., L. Seoro and K. Jonggun, 2019. estimation of baseflow based on master recession curves (MRCs) considering seasonality and flow condition. *Journal of wetland Research*, 21 (1): 34-42.
- (case study: Ghareh Soo River Basin). *National Journal of Geography and Development*. 45- 56.
- 8-Kienzle, S. W. 2006. The use of the recession index as an indicator for streamflow recovery after a multi- year drought. *Water Resources Management*. 20(6): 991- 1006.
- 9-Lamb, R., Beven, K. 1997. Using interactive recession curve analysis to specify a general catchment storage model. *Hydrology and Earth system Sciences*. 1. 101-113.
- 10-Lin, Q., Wu, Z., Singh, V.P., Sadeghi, S. H. R. 2017. Correlation between hydrological drought, climate factors, reservoir operation and vegetation cover in the xijiang Basin, south china. 549. 512- 524.
- 11-Mishra, A. K., Singh, V. P. 2010. A review of drought concept. *Journal of Hydrology*. 391: 202- 216.
- 12-Natan, R. J., McMahon, T. A. 1992. Estimating low flow characteristics in ungauged catchment. *Water Resources Management*. 6(2): 85- 100.
- 13-Palmer, W. G. 1995. Meteorological drought. U. S. Department of Commerce. Weather Bureau. Washington. D.C. 45. 58p.
- 14-Posavec, K., Bacani, A., Nakic, Z. 2006. A Visual basic spreadsheet macro for recession curve analysis. *Ground Water*. 44(5): 764- 767.
- 15-Rivera- Ramirez, H. D., Warner, G. S., Scatena, F. N. 2002. Prediction of Master Recession Curve and baseflow recession in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Journal of American Water Resource Association*. 38(3): 693- 704.



Abstract

Analysing the Master Recession Curve of daily River flow in Nirchai River, Ardabil Province

N. Parchami¹, R. Mostafazadeh², A. Esmali- Ouri³ and R. Imani⁴

Received: 2018/04/26 Accepted: 2020/01/29

Analysis of river flow master recession curve is a way to assess the occurrence of hydrological drought. The purpose of this study was to investigate the master recession curve preparation of daily flow discharge. The master recession curve represents the nature of flow discharge, flow contribution sources and flow recession through the river. The shape of master recession curve used to analyse the hydrologic regime, watershed response and groundwater contribution in river flow discharge. The daily flow river of Nirchai watershed have been used in this study through a 36-year of recorded data. The MRCs in different regression equations (Linear, Exponential, Logarithmic, and Multinomial types) were extracted using a Visual Basic program (Posacev 2006) in excel environment, The constant coefficients and curve slope were defined and then, the coefficient of determination of different MRCs were calculated. Based on the results, the best MRC regression were selected ($R^2=0.91$). The curve slope and constant values were estimated to be -0.07 and 0.443, respectively. These coefficients and indicates and its comparisons in different rivers can be used to investigate the hydrologic regime of the watersheds in different conditions.

Keywords: Recession intensity, Flow contribution, Macro program, Hydrological drought, Recession analysis.

1. M.Sc. student of Watershed Engineering, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

2. Assistant Professor, Department of Natural Resources and member of Water Management Research Institute, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Corresponding Author, Email: raofmostafazadeh@uma.ac.ir

3. Associate Professor, Department of Natural Resources and member of Water Management Research Institute, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran

4. Ph.D. Student of Watershed Management Sciences and Engineering, Kashan University, Iran