

تحلیل الگوی توالی دبی جریان ماهانه با استفاده از روش آنالیز توانی در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری استان مازندران

رئوف مصطفی‌زاده^{۱*}، خدیجه حاجی^۲، محسن ذبیحی^۳

۱. استادیار، گروه آموزشی منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی
۳. دانشجوی دکتری، علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس (تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۷ - تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۱/۲۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۶/۲/۶)

چکیده

ارزیابی دوره‌های خشک و مرطوب هیدرولوژیک به‌عنوان ضرورت و مبنای اولیه برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب می‌باشد که نیازمند درک و مطالعه وقوع خشکسالی‌ها است. هدف از این پژوهش استفاده از روش آنالیز توانی (Power Laws Analysis) و تحلیل الگوهای دوره‌های کم‌آبی و پرآبی جریان رودخانه‌ای در تعدادی از ایستگاه‌های استان مازندران می‌باشد. بدین منظور، خصوصیات دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در سری‌های زمانی دبی ماهانه در ۲۶ ایستگاه هیدرومتری استان مازندران طی دوره آماری ۳۶ ساله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در همین راستا میانگین ماهانه دبی، حد آستانه و نیز شروع و پایان دوره‌های کم‌آبی و پرآبی محاسبه و سپس تعداد دنباله‌ها در توالی وقوع دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در دوره‌های ۱ تا ۴۱ ماهه مشخص گردید. نتایج نشان داد که بین شدت وقوع و تداوم دوره‌های کم‌آبی و پرآبی رابطه مستقیم وجود دارد. کم‌ترین شدت دوره‌های کم‌آبی و پرآبی مربوط به ایستگاه‌های پلور و هنیسک به‌ترتیب با مقادیر شیب خط $-0/87$ و $-1/29$ در جنوب‌غربی و غرب استان می‌باشند. براساس نتایج، بیش‌ترین تداوم جریان با مقادیر $122/09$ و $145/89$ برای دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در ایستگاه قرآن‌تالار در مرکز استان به‌وقوع پیوسته است. به‌عبارتی می‌توان گفت که ایستگاه‌های واقع در سرشاخه اصلی جنوب‌شرقی و مرکز مازندران دارای تداوم جریان کم‌آبی و پرآبی بیش‌تری در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها هستند. نزدیکی ابر نقاط به خط مستقیم و خطوط نزدیک یا موازی بدون تقاطع در استان مازندران بیان‌گر وجود رژیم همگن دوره‌های کم‌آبی و پرآبی بوده و تغییرات قابل ملاحظه زمانی در آن‌ها چندان مشاهده نمی‌شود. در این خصوص می‌توان بر قابلیت استخراج الگوی تناوب دبی ماهانه و تداوم آن براساس روش آنالیز توانی اشاره نمود. نتایج می‌تواند در تعیین مناطق با تداوم بالای خشکسالی جریان و نیز وقوع خشکسالی‌های شدید و برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب سطحی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز توانی، تداوم جریان، حد آستانه، دوره‌های کم‌آبی و پرآبی جریان، شدت خشکسالی، مازندران

مقدمه

مسأله باعث وقوع و گسترش خشکسالی‌های شدید و خیلی شدید می‌شود (Hisdal and Tallaksen, 2003; Ghavideh-Rahimi, 2004). کاهش تولید آب و محصولات، کاهش نیروی برقی، تخریب جوامع حاشیه رودخانه و صرف هزینه برای احیای آن‌ها را می‌توان از جمله اثرات خشکسالی بر منابع آب سطحی و زیرزمینی برشمرد (Riebsame et al., 1991). پایش و پیش‌بینی خشکسالی هیدرولوژیک^۱ و تعیین دقیق زمان شروع و تداوم آن از اهمیت ویژه‌ای در مدیریت منابع آبی و برنامه‌ریزی جهت کاهش اثرات مخرب خشکسالی برخوردار است (Caloiero et al., 2016). رودخانه‌ها به‌عنوان یکی از منابع اصلی تأمین آب

خشکسالی به‌عنوان یک رخداد طبیعی ناشی از کاهش بارش نسبت به میانگین بلندمدت آن می‌باشد که می‌تواند در هر اقلیمی رخ دهد. این پدیده صدمات فراوانی به بخش‌های مختلف از جمله منابع آب وارد می‌سازد که کمبود آب به‌عنوان نمود عینی آن در سال‌های اخیر می‌باشد (Eskandari-Damaneh et al., 2015). کمبود منابع آب تهدید بزرگی برای اقتصاد و سطح زندگی مردم است و افزایش تقاضا برای منابع آب قابل دسترس موجب تشدید رقابت بهره‌برداران منابع آبی می‌شود که این

* نویسنده مسئول : raooftmostafazadeh@uma.ac.ir

به موازات افزایش تقاضای آب و کارایی در بهره‌برداری از منابع آب سطحی همواره مورد توجه بوده‌اند (Farajzadeh and Ahmadian, 2014). ارزیابی نوسانات دوره‌ای جریان از ضروریات اولیه در برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب است که نیازمند درک فرآیند و اثرات آن‌ها می‌باشد (Mishra and Singh, 2010). نوسانات جریان رودخانه به‌عنوان شاخصی با ارزش در نوسانات تغییر اقلیم به واسطه انعکاس پاسخ آبخیز به مؤلفه‌های بارش و دما است (Kao et al., 2009). بقاء و ترکیب جوامع حاشیه رودخانه، اراضی باتلاقی، اکوسیستم‌های آبی و سایر اکوسیستم‌ها به نوسانات رژیم رودخانه بستگی دارد. از این‌رو واکنش دبی ماهانه جریان رودخانه‌ها از نظر طبیعی و اقتصادی-اجتماعی دارای اهمیت است. درک زمان و حجم جریان‌های ماهانه ابزاری اساسی در توسعه مدیریت آب و استراتژی‌های ذخیره آب به‌منظور تأمین آن برای فصول کم‌آبی است (Morán-Tejeda et al., 2011). اطلاعات دوره‌های خشک و مرطوب، دیدگاهی را برای فعالیت‌های کشاورزی، هیدرولوژیک و هیدروژئولوژیک در یک منطقه فراهم می‌آورد (Zolina et al., 2013). پیش خشکسالی فقط براساس یک مشخصه نمی‌تواند شرایط واقعی منطقه را ترسیم نماید و بهترین روش پیش خشکسالی، تحلیل مشخصه‌های شدت^۱ و تداوم^۲ به‌صورت توأم می‌باشد. به‌طور کلی تکرار، تداوم و شدت خشکی به مقیاس زمانی وابسته هستند (Mirakbari and Ganji, 2012; Abdulmalek et al., 2013). تعیین توالی دوره‌های کم‌آبی و پرآبی^۳ از اهمیت زیادی در مطالعات مرتبط با مدیریت منابع آب به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک برخوردار است که باعث تغییر در مؤلفه‌های بیلان آبی در یک منطقه می‌شود (Karimi et al., 2015). تحلیل آنالیز توانی برگرفته از تئوری فرکتال می‌باشد و چون با هندسه اقلیدوسی که دارای ابعاد صحیح می‌باشد، نمی‌توان بسیاری از پدیده‌های طبیعت را توصیف کرد، لذا هندسه فرکتالی می‌تواند مفید واقع گردد. در هندسه فرکتالی، ابعاد پدیده‌ها می‌تواند دارای اعداد کسری هم باشد. خشکسالی به‌عنوان یکی از پدیده‌های هیدرولوژیک، دارای خاصیت توالی وقوع و تکرار بوده و در توالی‌های متفاوت دارای خاصیت خود تشابهی است و می‌توان ارتباط میان تعداد و تداوم وقوع دوره‌های پرآبی و کم‌آبی را با استفاده از روش تحلیل آنالیز توانی جستجو نمود. از

آنجا که روش تحلیل تابع توانی با مفاهیم احتمالاتی دوره‌های کم‌آبی و پرآبی مرتبط است، در واقع از مشکلاتی هم‌چون نرمال بودن داده‌ها، مقادیر حدی و سایر اثرات آن مستثنی است. در این روش به‌جای تغییرات مقادیر فصلی یا سالانه، رژیم‌های دبی مورد توجه قرار می‌گیرد (Kadioglu and Sen, 1998). (Mostafazadeh et al., 2016) در همین راستا مطالعات هیدرولوژیک و هواشناسی متعددی در خصوص استفاده از آستانه‌ها برای تعیین دوره‌های خشک و مرطوب صورت گرفته است. تعیین دوره‌های خشک و مرطوب ماهانه با به‌کارگیری مدل زنجیره مارکوف توسط (Bazuhair et al., 1997) در عربستان سعودی نشان داد که طولانی‌ترین دوره مرطوب در عربستان در جنوب شرق این کشور به وقوع پیوسته است. (Kadioglu and Sen, 1998) به ارتباط روش آنالیز توانی در تشریح الگوی بارش زمانی و مکانی در ترکیه پرداختند. سپس تداوم و تعداد وقوع دوره‌های خشک و مرطوب از سری بارش ماهانه در پنج ایستگاه هواشناسی بر روی نمودار دوگانه لگاریتمی رسم شد. خطوط مستقیم نشان داد که آنالیز توانی دارای رفتارهای متوالی و دائمی از دوره‌های ماهانه خشک و مرطوب است. بنابراین تابع آنالیز توانی ارتباط بین تعداد دوره‌های خشک و مرطوب را برای یک دوره ماهانه از داده‌های بارش نمایش داد. در نتیجه در مناطق معتدل هم‌چون ترکیه مقدار تغییرات بارش اغلب منجر به یک دوره طولانی خشک یا مرطوب شده است. (Benjamin and Saunders, 2002) رابطه فراوانی و تداوم خشکسالی‌های اروپا در مقیاس‌های زمانی مختلف را مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که فراوانی و تداوم خشکسالی به‌ترتیب در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت و درازمدت بیش‌تر است. در پژوهش (Anagnostopoulou et al., 2003) با استفاده از آمار ۲۰ ایستگاه در یک دوره ۴۰ ساله، دوره‌های خشکی در کشور یونان بررسی شد و از دو حد آستانه متفاوت برای تعیین تأثیر تغییرات نسبی توزیع دوره‌های خشک استفاده و مشخص شد که دوره‌های خشک خصوصیتی فصلی دارند، اما توالی متوسط و طولانی‌مدت آن‌ها با خطر خشکسالی همراه است. (Tallaksen et al., 2009) خصوصیات خشکسالی را با استفاده از مدل‌سازی زمانی-مکانی در تعدادی از حوضه‌های انگلستان با وسعت ۱۷۰ کیلومترمربع مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که خشکسالی هواشناسی با تداوم کوتاه‌مدت ۱ تا ۲ ماهه تمام حوضه را پوشش داده، در حالی که خشکسالی هیدرولوژیکی در یک مدت زمان طولانی‌تر ۴ تا ۵

1- Intensity
2- Duration
3- Wet and Dry Spells

است. تحلیل شدت و تداوم وقوع خشکسالی هیدرولوژیک نیز از دیگر اهداف پژوهش حاضر است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

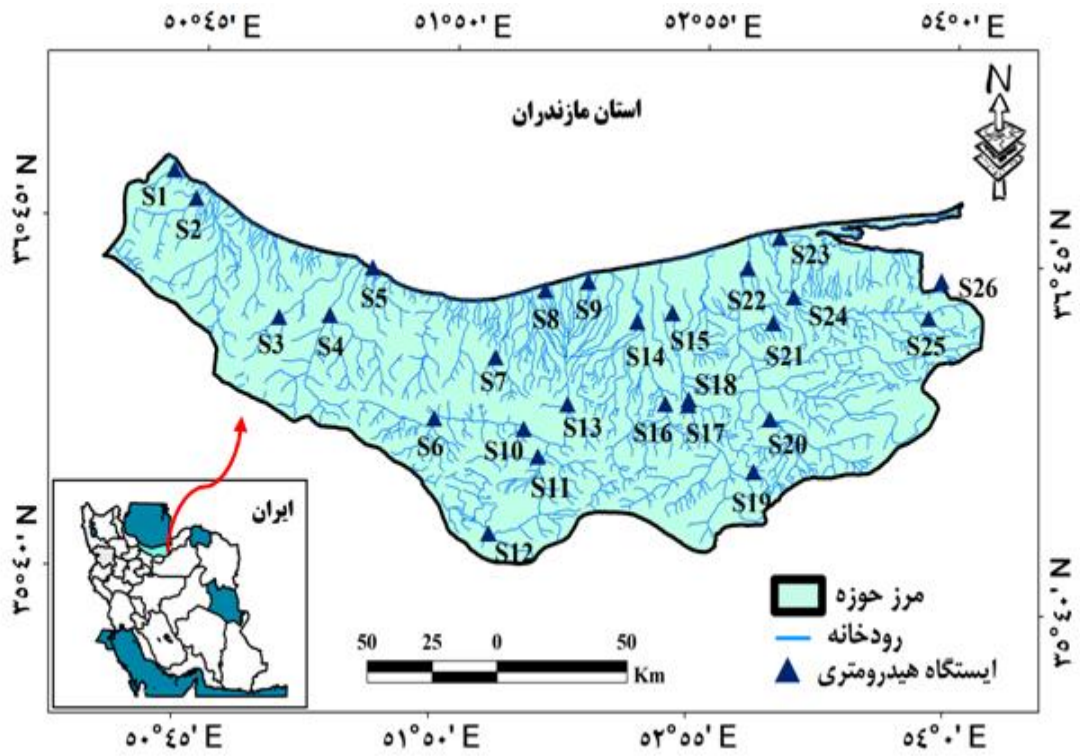
منطقه مورد مطالعه با مساحت تقریبی ۲۳۸۶۰ کیلومتر مربع در موقعیت جغرافیایی ۲۰' ۵۰° تا ۲۰' ۵۴° طول شرقی و ۴۰' ۳۵° تا ۳۶' ۵۵° عرض شمالی و در امتداد رشته کوه‌های البرز و ساحل جنوبی دریای مازندران واقع شده است. استان مازندران براساس خصوصیات دما، بارش و توپوگرافی به دو نوع آب و هوای معتدل خزری و کوهستانی تقسیم می‌شود. حداکثر ارتفاع، میانگین بارندگی و دمای متوسط روزانه منطقه مطالعاتی به ترتیب برابر با ۵۶۷۰ متر، ۱۰۰۰ میلی‌متر و ۱۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بخش بزرگی از استان مازندران در ناحیه زمین‌شناسی البرز و قسمتی از ناحیه شرقی آن در ناحیه زمین‌شناسی کپه داغ قرار می‌گیرد. بخش کوهستانی منطقه تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری پوشیده از جنگل بوده و بخش مسطح و کم شیب آن دارای پوشش متراکمی از جنگل، باغات میوه و اراضی کشاورزی زیر کشت برنج می‌باشد. منطقه مورد مطالعه از نظر گستردگی، تنوع توپوگرافی و نوع کاربری‌های اراضی دارای ناهمگنی بالایی است که خصوصیات و وقوع زمانی و مکانی دوره‌های خشک و مرطوب جریان‌های رودخانه‌ای را متأثر می‌سازد. موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های هیدرومتری مورد استفاده در شکل (۱) ارائه شده است.

روش تحقیق

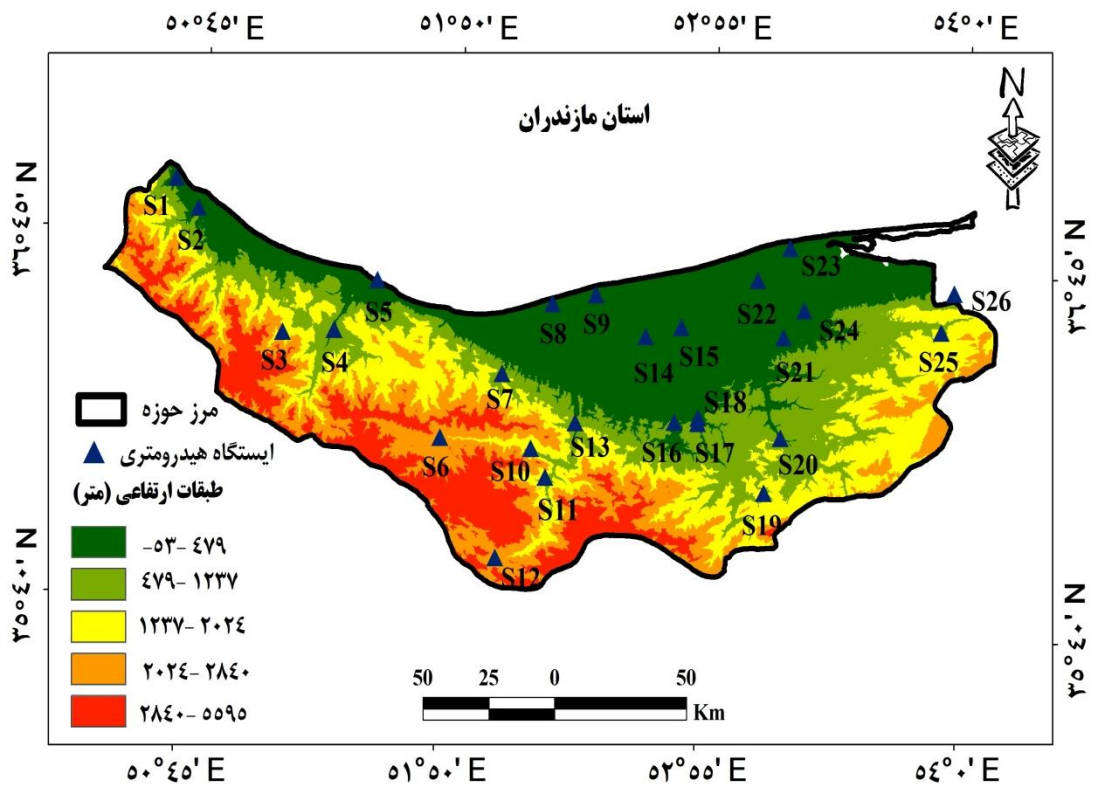
برای انجام پژوهش حاضر، داده‌های دبی ماهانه ۲۶ ایستگاه هیدرومتری رودخانه‌های مهم استان مازندران طی دوره آماری ۳۶ ساله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که براساس طولانی بودن دوره آماری و پراکنش مناسب آن‌ها در منطقه مورد مطالعه انتخاب شدند. با توجه به وجود ایستگاه‌ها در مناطق مختلف استان و در شرایط آب و هوایی تقریباً متفاوت و هم‌چنین طولانی بودن طول دوره آماری مورد استفاده، امکان بررسی وضعیت دوره‌های پرآبی و کم‌آبی در منطقه مورد مطالعه براساس کاربرد روش آنالیز توانی فراهم می‌باشد. در جدول (۱) برخی از خصوصیات ایستگاه‌های هیدرومتری مطالعاتی و مورد استفاده در تجزیه و تحلیل‌ها ارائه شده است.

ماهه وسعت کم‌تری از منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرد. در ایران نیز (Samiei and Telouri, 2008) شدت و تداوم خشکسالی هیدرولوژیک در حوزه‌های آبخیز استان تهران را مورد بررسی قرار دادند. همبستگی بالا بین تداوم و شدت خشکسالی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که با افزایش سطح آستانه شدت خشکسالی، تداوم وقایع خشکی بیش‌تر می‌شود. (Farajzadeh and Ahmadian, 2014) در پژوهش خود به بررسی الگوی زمانی و مکانی خشکسالی هیدرولوژیک با سه مشخصه‌ی شدت، مدت و فراوانی در مقیاس زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه در ایستگاه‌های ایران پرداخته است. نتایج نشان داد که حداکثر فراوانی وقوع در دوره‌های فراخشک، نسبتاً خشک و خشک شدید قرار گرفته است. (Mostafazadeh et al., 2016) با تحلیل داده‌های بارندگی ماهانه در استان گلستان با استفاده از روش آنالیز توانی، الگوی تداوم دوره‌های ماهانه خشک و مرطوب در هر ایستگاه را محاسبه نمودند. نتایج ایشان نشان داد که وقوع طولانی‌ترین دوره کم‌باران (۹ ماه) در مرکز استان گلستان در ایستگاه‌های تمر و مینودشت به ترتیب با ۶ و ۵ بار تکرار اتفاق افتاده است. هم‌چنین در دوره‌های سه ماهه متوالی و طولانی‌تر، فراوانی وقوع دوره‌های کم‌باران و پرباران در ایستگاه‌های واقع در بخش شمالی استان گلستان کم‌تر به وقوع پیوسته است.

با توجه به تشابه رفتار وقوع تغییرات در سری‌های زمانی در مقیاس‌های زمانی کوچک و بزرگ، می‌توان از روش آنالیز توانی^۱ برای ارزیابی تشابه مذکور استفاده نمود. روش مذکور در خصوص داده‌های بارش در مناطق مختلف مورد آزمون قرار گرفته است ولی کاربرد آن در مورد داده‌های دبی جریان محدود است. بر اساس سوابق تحقیق می‌توان گفت که از لحاظ ریاضی، تابع آنالیز توانی برای تعیین رفتار و تغییرات در بسیاری از متغیرهای هیدرواقليمی کاربرد دارد (Kadioglu and Sen, 1998). بنابراین پژوهش حاضر با هدف تعیین و طبقه‌بندی دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در تعدادی از ایستگاه‌های هیدرومتری استان مازندران به‌عنوان یکی از قطب‌های اصلی کشاورزی ایران و کاربرد مفهوم آنالیز توانی با استفاده از نمودارهای دوگانه لگاریتمی در ارزیابی دوره‌های کم‌آبی و پرآبی براساس داده‌های مشاهداتی دبی در یک دوره آماری ۳۶ ساله برنامه‌ریزی شده



الف) موقعیت منطقه مورد مطالعه



ب) نقشه طبقات ارتفاعی

شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقشه طبقات ارتفاعی منتخب در استان مازندران

جدول ۱. خصوصیات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه در استان مازندران

ردیف	کد ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (متر)	عرض جغرافیایی (متر)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	متوسط دبی (مترمکعب بر ثانیه)
۱	S1	رامسر	۴۶۷۳۴۰	۴۰۸۵۶۹۱	۱۲۹	۲/۰
۲	S2	گانکسر	۴۷۶۲۲۱	۴۰۷۶۴۱۷	۹۶	۴/۵
۳	S3	کلاردشت	۵۱۰۴۵۰	۴۰۳۷۵۶۶	۱۶۳۹	۲/۹
۴	S4	هنیسک	۵۲۹۸۵۲	۴۰۳۹۴۶۰	۴۴۹	۲/۹
۵	S5	نوشهر	۵۴۲۷۲۵	۴۰۵۶۹۸۵	-۹۹	۱/۰
۶	S6	بلده	۵۷۱۹۲۰	۴۰۰۶۴۲۸	۲۱۱۷	۴/۵
۷	S7	تنگه لاویج	۵۹۴۱۵۵	۴۰۲۸۸۲۸	۷۱۵	۱/۱
۸	S8	پل ذغال	۶۱۱۷۷۸	۴۰۵۳۰۷۷	-۲۳	۱۳/۹
۹	S9	سرخ رود	۶۲۸۱۱۸	۴۰۵۷۰۰۴	-۲۱	۶/۲
۱۰	S10	رزن	۶۰۶۴۰۶	۴۰۰۴۹۳۲	۱۹۶۱	۶/۲
۱۱	S11	پنجاب	۶۱۲۵۲۰	۳۹۹۵۷۶۳	۱۰۸۱	۲/۵
۱۲	S12	پلور	۵۹۵۳۸۴	۳۹۶۸۵۰۴	۲۲۶۴	۶/۳
۱۳	S13	کره سنگ	۶۲۲۷۶۲	۴۰۱۴۳۹۳	۴۳۰	۲۹/۴
۱۴	S14	کشتارگاه	۶۴۷۷۰۹	۴۰۴۴۳۷۲	۱	۱۵/۷
۱۵	S15	کیاکلا	۶۶۱۰۶۹	۴۰۴۸۳۱۱	-۵	۹/۲
۱۶	S16	قرآن تالار	۶۶۰۱۵۹	۴۰۱۶۸۵۰	۳۴۸	۷/۲
۱۷	S17	تالار شیرگاه	۶۶۹۱۴۰	۴۰۱۷۰۲۰	۲۸۰	۷/۰
۱۸	S18	کسیلیان	۶۶۹۱۰۴	۴۰۱۸۸۶۹	۲۳۵	۳/۰
۱۹	S19	ولیک بن	۶۹۵۴۳۲	۳۹۹۵۵۲۶	۱۳۶۷	۰/۵
۲۰	S20	سلیمان تنگه	۷۰۰۶۶۳	۴۰۱۳۹۹۱	۵۲۲	۶/۴
۲۱	S21	داراب کلا	۶۹۹۸۹۳	۴۰۴۷۲۷۵	۲۶۳	۰/۴
۲۲	S22	کردخیل	۶۸۹۰۴۲	۴۰۶۵۵۳۰	-۱۴	۱۳/۵
۲۳	S23	نوذرآباد	۷۰۰۶۹۰	۴۰۷۶۸۹۷	-۲۱	۳/۶
۲۴	S24	آبلو	۷۰۷۱۳۰	۴۰۵۶۶۹۸	۹۱	۵
۲۵	S25	سفیدچاه	۷۵۹۴۶۴	۴۰۵۲۵۶۷	۱۱۱۸	۱/۱
۲۶	S26	وطنا	۷۶۳۵۴۱	۴۰۶۵۶۵۰	-۹۹	۰/۲

روش آنالیز توانی (PLA)

کاربرد شاخص‌های خشکسالی^۱ در خلاصه‌سازی بسیاری از پارامترهای مؤثر در خشکسالی در برنامه‌ریزی‌های منابع آب مفید است. استفاده از شاخص‌های خشکسالی یکی از راه‌های کمی‌سازی و ارزیابی شدت، تداوم، فراوانی و وسعت خشکسالی می‌باشد (Khosrabei and Akbari, 2009; Mishra and Singh, 2010). دوره‌های کم‌آبی و پرآبی به صورت متوالی و متناوب

تکرار می‌شوند (Bordi et al., 2004). استفاده از روش آنالیز توانی نیازمند تعیین دوره‌های خشک و مرطوب است. دوره‌های کم‌آبی و پرآبی می‌تواند در مقیاس‌های زمانی متفاوت در نظر گرفته شود که در پژوهش حاضر مبنای ماهانه انتخاب شده است (Shahrokh-Vandi et al., 2009; Cindric et al., 2010). حد آستانه^۲ نقش مهمی در تفکیک دوره‌های کم‌آبی و پرآبی را ایفاء می‌نماید. انتخاب یک مقدار کم به‌عنوان حد آستانه باعث

پرآبی و کم‌آبی، N_w و N_d به ترتیب تعداد دوره‌های پرآبی و کم‌آبی می‌باشند و پارامترهای x_w, y_w, x_d, y_d به خصوصیات دوره‌های پرآبی و کم‌آبی بستگی دارند (Mostafazadeh *et al.*, 2016). برآورد این پارامترها با استفاده از پلات لگاریتمی دوگانه^۱ بر روی یک خط مستقیم امکان‌پذیر است. بر روی نمودار لگاریتمی دوگانه، مقادیر ثابت و شیب خط^۲ رابطه مذکور نشان‌دهنده مقادیر y و x هستند (Sen, 2008). خط برازش مناسب میان ابر نقاط^۳ تعداد دوره‌های پرآبی و کم‌آبی به روش کم‌ترین مربعات رسم شد که براساس میزان نزدیکی ابر نقاط به خط برازش داده شده، امکان تفسیرهای متفاوت بر اساس الگوی قرارگیری خطوط مربوط به دوره‌های پرآبی و کم‌آبی بر روی پلات لگاریتمی دوگانه فراهم می‌گردد. روش خط مستقیم رگرسیونی به‌عنوان بهترین خط برازش بر روی پلات لگاریتمی دوگانه، مبنای تعیین دوره‌های کم‌آبی و پرآبی می‌باشد (Bazuhair *et al.*, 1997; Kadioglu and Sen, 1998; Sen, 2008). در این مرحله شدت و تداوم دوره‌های کم‌آبی و پرآبی برای هر یک از ایستگاه‌ها محاسبه شد (جدول ۲) و شکل (۲). سپس الگوی تغییرات شدت و تداوم برای دوره کم‌آبی و پرآبی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS به‌صورت شکل‌های (۴) و (۵) تهیه گردید. هم‌چنین نمودار جریانی مراحل انجام پژوهش به‌صورت شکل (۲) ارائه شده است.

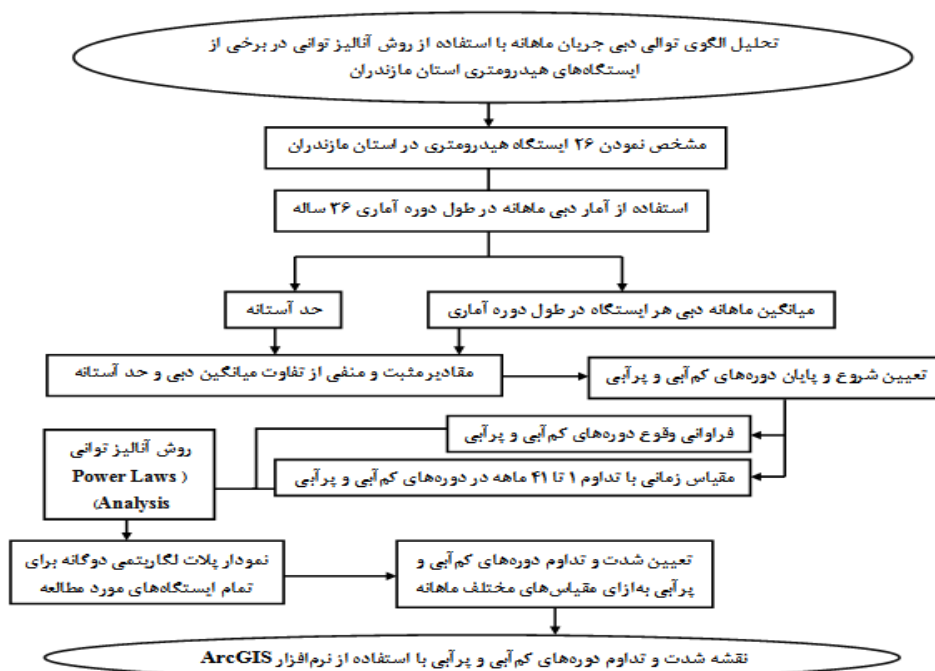
تعیین تعداد بیش‌تری از سال‌ها به‌عنوان سال پرآب می‌شود، در حالی‌که انتخاب مقدار زیاد برای آن باعث افزایش تعداد وقایع کم‌آبی منفرد می‌گردد (Esfandyari *et al.*, 2016). در این مطالعه، میانگین بلندمدت دبی‌های ماهانه به‌عنوان حد آستانه انتخاب شد (Sushama *et al.*, 2010). نقاطی را که رویداد موردنظر از دوره‌های کم‌آبی و پرآبی تغییر می‌کند به‌عنوان نقاط مهم در تعیین آستانه یک سری از داده‌ها برای تعیین دوره‌های کم‌آبی و پرآبی می‌باشد. به‌منظور تعیین شروع و پایان دوره‌های کم‌آبی و پرآبی جریان، میانگین دبی و حد آستانه محاسبه گردید (Herbst *et al.*, 1966; Sen, 2008). در روش مذکور، میانگین ماهانه دبی در طول دوره آماری ۳۶ ساله به‌عنوان حد آستانه انتخاب و مقادیر دبی‌های هر ماه از عدد مذکور کسر گردید. بنابراین مقادیر مثبت و منفی از تفاوت بین دبی ماهانه و حد آستانه، مشخص و هم‌چنین شروع و پایان دوره‌های کم‌آبی و پرآبی برای هر ماه تعیین گردید. (Herbst *et al.*, 1966). بنابراین تعداد دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در طول کل دوره آماری به‌ترتیب از کوتاه‌ترین مقیاس زمانی (۱ ماهه) تا طولانی‌ترین آن (۴۱ ماهه) برای هر ایستگاه محاسبه شد. نتایج روش آنالیز توانی براساس روابط (۱) و (۲) به‌دست آمد (Sen, 2008; Clauset *et al.*, 2009).

$$T_w = y_w N_w^{-x_w} \quad \text{(رابطه ۱)}$$

$$T_d = y_d N_d^{-x_d} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

که در آن T_d و T_w به‌ترتیب مقیاس زمانی دوره‌های

- 1- Double Logarithmic Plot
- 2- Line Slope
- 3- Scatter Plot

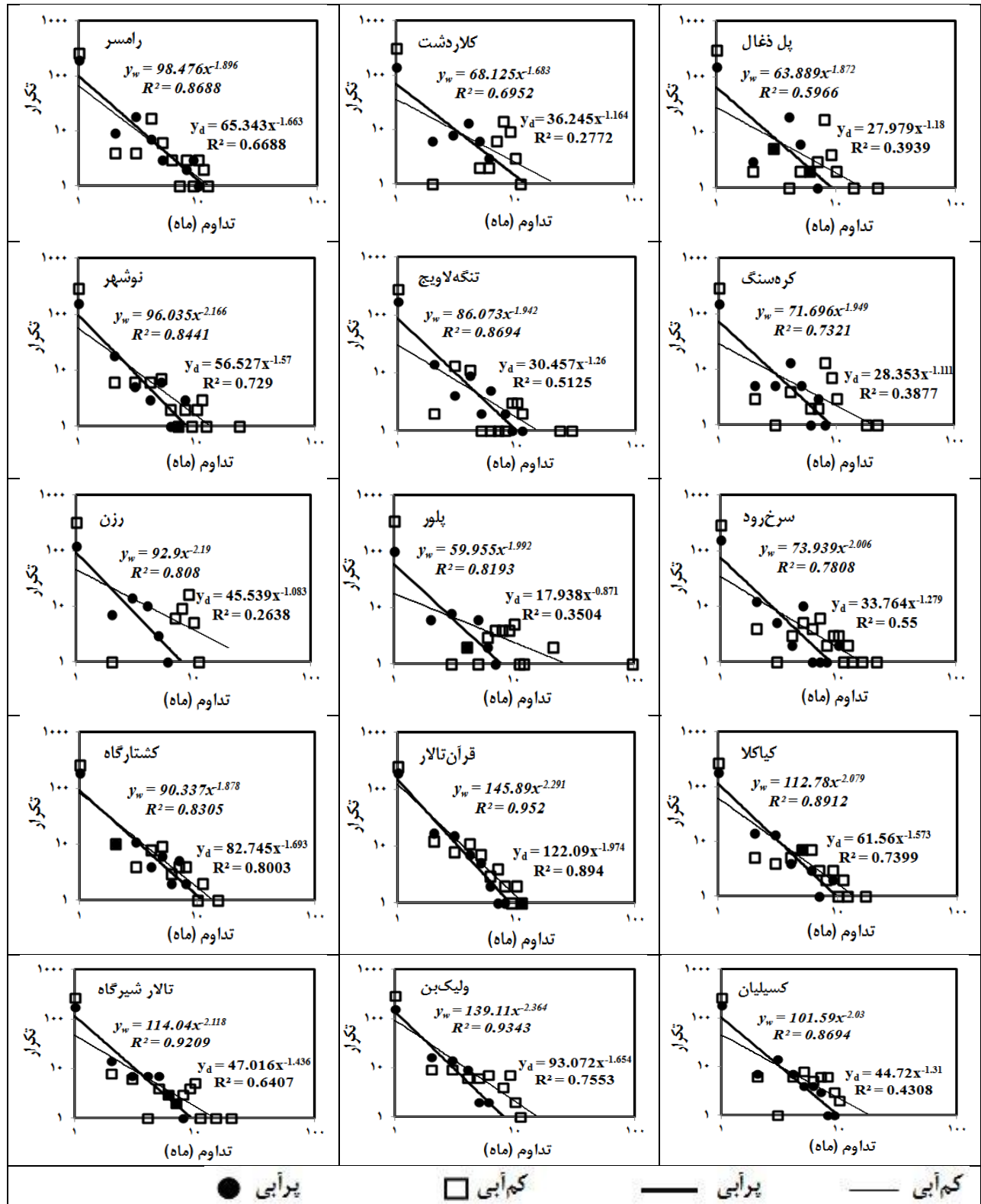


شکل ۲. نمودار جریانی مراحل انجام پژوهش

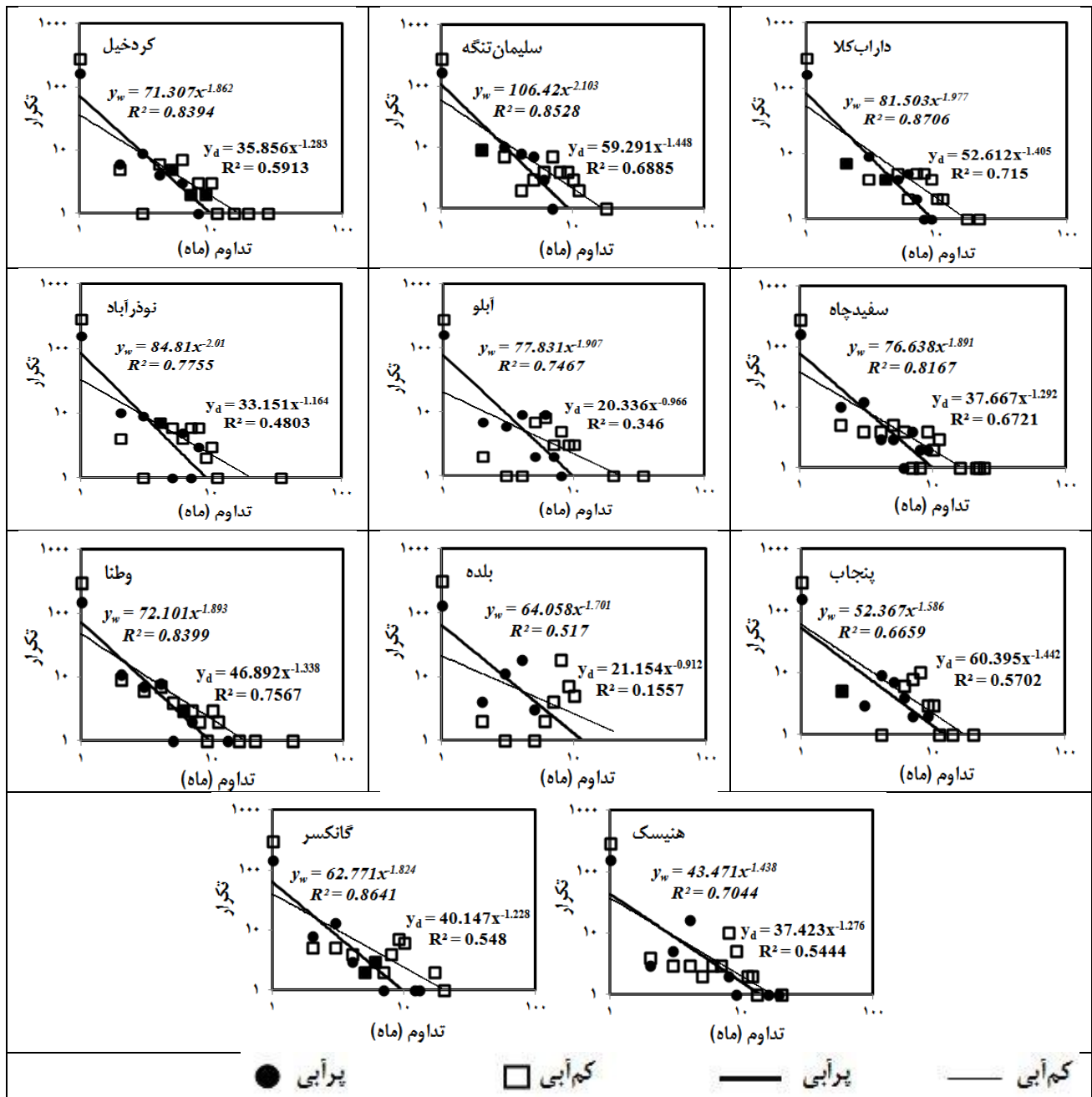
نتایج و بحث

فراوانی وقوع در شکل (۳) نشان داده شده است. در همین راستا خطوط رگرسیونی متناسب با هر دوره در هر ایستگاه بر داده‌ها برآزش داده شده است.

توالی مقادیر دبی ماهانه بر اساس تعداد دوره‌های کم‌آبی و پرآبی مطابق با روش تحقیق ارائه شده، محاسبه گردید که نتایج پلات‌های لگاریتمی دوگانه طول دوره‌های کم‌آبی و پرآبی به‌زای



شکل ۳. پلات لگاریتمی دوگانه تعداد وقوع دوره‌های مختلف در ایستگاه‌های هیدرومتری استان مازندران



ادامه شکل ۳. پلات لگاریتمی دوگانه تعداد وقوع دوره‌های مختلف در ایستگاه‌های هیدرومتری استان مازندران

۱ تکرار به وقوع پیوسته است. از این‌رو با افزایش طول مبنای زمانی، تعداد تکرار دنباله‌های کم‌آبی و پرآبی کاهش می‌یابد. بررسی تعداد وقوع دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در مقیاس‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد که در مجموع در دوره‌های یک ماهه، تعداد وقوع دوره‌های کم‌آبی از پرآبی در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر است. درحالی‌که در دوره‌های دو ماهه متوالی یا بیشتر، حالت عکس وجود داشته و تعداد وقوع دوره‌های پرآبی بیشتر است. بنابراین در روش آنالیز توانی، شیب بیشتر خطوط مستقیم تعیین کننده شدت دوره‌های کم‌آبی و پرآبی است.

براساس نتایج ارائه شده در شکل (۳)، می‌توان دریافت که رابطه معکوسی بین مدت و تعداد وقوع ماه‌های متوالی کم‌آبی و پرآبی وجود دارد. بدین ترتیب با افزایش مدت دوره موردنظر از تعداد وقوع ماه‌های متوالی آن دوره (کم‌آبی و پرآبی) کاسته می‌شود. به‌عنوان مثال در ایستگاه پلور بیش‌ترین تعداد دوره کم‌آبی در یک دوره متوالی ۱ ماهه، برابر با ۳۴۲ تکرار و همچنین بیش‌ترین تداوم آن ۲۱ ماهه با مقدار ۲ تکرار می‌باشد. در حالی‌که در ایستگاه وطننا در یک دوره متوالی ۱ و ۴۱ ماهه، در دوره کم‌آبی طی کل دوره آماری (۳۶ ساله) به‌ترتیب ۲۹۴ و

مستقیم پرآبی و کم‌آبی دیده می‌شود. این مطلب بیان می‌کند که دوره‌های کم‌آبی و پرآبی ممکن است در بخشی از دوره آماری کوتاه‌تر یا بلندتر از یکدیگر باشند. در نتیجه قرارگرفتن بالاتر خط مستقیم دوره کم‌آبی نسبت به دوره پرآبی در ایستگاه پنجاب نشان می‌دهد که ایستگاه مذکور در منطقه نسبتاً خشک قرار گرفته است، این در حالی است که در سایر ایستگاه‌ها شرایط عکس بوده و وضعیت پرآبی دارای غالبیت می‌باشد و منطقه در شرایط مرطوب قرار دارند.

در پژوهش حاضر، براساس توالی دوره‌های کم‌آبی و پرآبی، شدت و تداوم هر کدام از دنباله‌ها در طول دوره آماری تعیین گردید که نتایج آن در جدول (۲)، ارائه شده است.

خطوط مستقیم برازش داده شده بر روی پلات لگاریتمی دوگانه مبنای تعیین دوره‌های کم‌آبی و پرآبی می‌باشد. نزدیکی نقاط روی منحنی لگاریتمی دوگانه با خط برازش داده شده حاکی از همگن بودن دبی در ایستگاه‌های رامسر، کشتارگاه و قرآن‌تالار است. خطوط نزدیک یا موازی بدون تقاطع دو دوره مختلف بیان‌گر عدم تغییرات زمانی در مقادیر دبی است. همچنین عدم تلاقی خطوط دوره‌های کم‌آبی و پرآبی نشان می‌دهد که دوره‌های مذکور همیشه کوتاه‌تر یا بلندتر از یکدیگر هستند. بنابراین در ایستگاه پنجاب که خطوط مستقیم مربوط به دو دوره کم‌آبی و پرآبی موازی هستند، به این معنی است که دوره‌های کم‌آبی همیشه طولانی‌تر از دوره پرآبی می‌باشند. در حالی که در سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه تلاقی میان خطوط

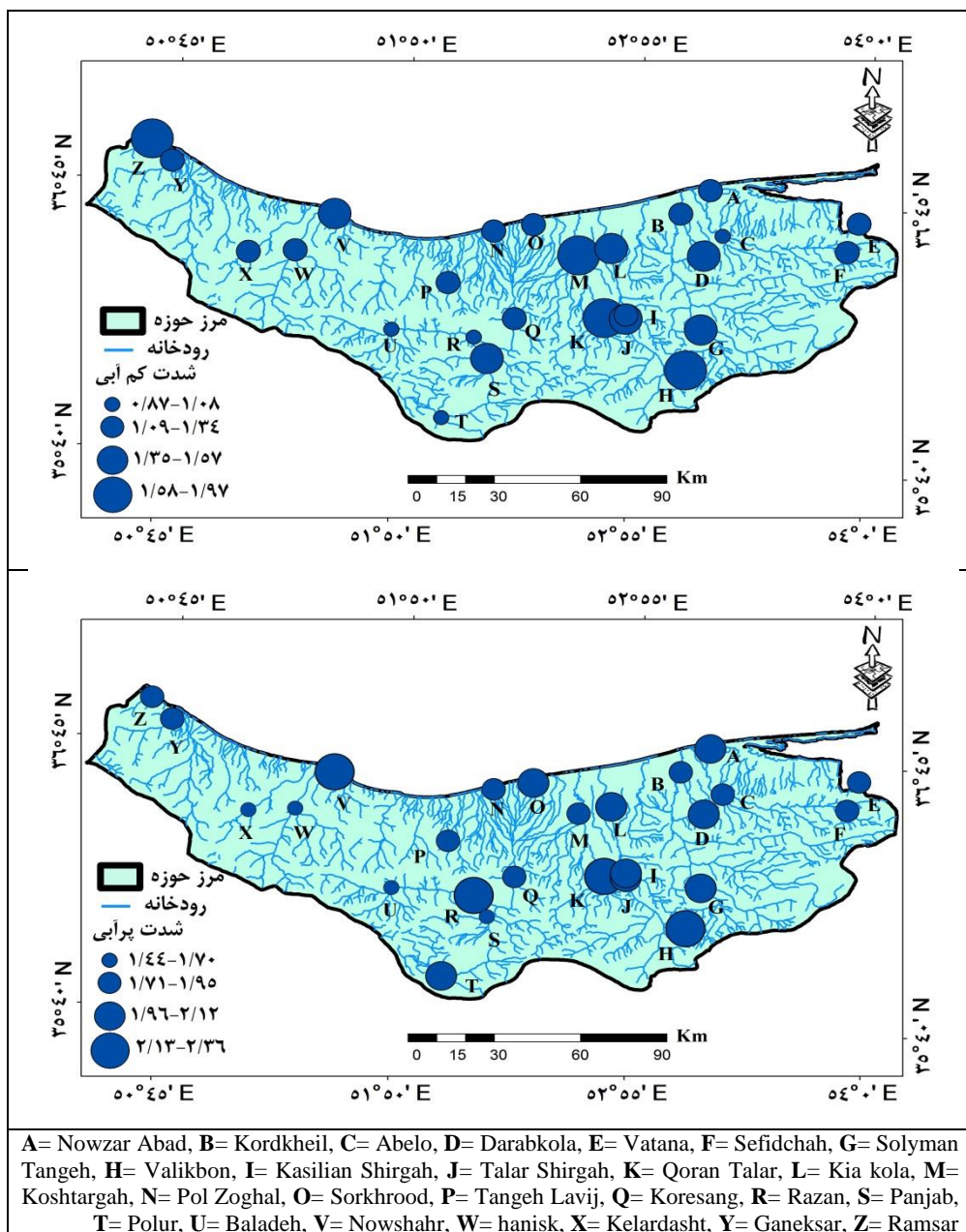
جدول ۲. شدت و تداوم دوره‌های کم‌آبی و پرآبی به‌ازای مقیاس‌های مختلف ماهانه در ایستگاه‌های هیدرومتری استان مازندران

ایستگاه	کم‌آبی		پرآبی	
	شدت	تداوم (ماه)	شدت	تداوم (ماه)
رامسر	-۱/۶۶	۶۵/۳۴	-۱/۹۰	۹۸/۴۸
کلاردشت	-۱/۱۶	۳۶/۲۵	-۱/۶۸	۶۸/۱۳
پل‌ذغال	-۱/۱۸	۲۷/۹۸	-۱/۸۷	۶۳/۸۹
نوشهر	-۱/۵۷	۵۶/۵۳	-۲/۱۷	۹۶/۰۴
تنگه لایچ	-۱/۲۶	۳۰/۴۶	-۱/۹۴	۸۶/۰۷
کره‌سنگ	-۱/۱۱	۲۸/۳۵	-۱/۹۵	۷۱/۷۰
رزن	-۱/۰۸	۴۵/۵۴	-۲/۱۹	۹۲/۹۰
پلور	-۰/۸۷	۱۷/۹۴	-۱/۹۹	۵۹/۹۶
سرخ‌رود	-۱/۲۸	۳۳/۷۶	-۲/۰۱	۷۳/۹۴
کشتارگاه	-۱/۶۹	۸۲/۷۵	-۱/۸۸	۹۰/۳۴
قرآن‌تالار	-۱/۹۷	۱۲۲/۰۹	-۲/۲۹	۱۴۵/۸۹
کیاکلا	-۱/۵۷	۶۱/۵۶	-۲/۰۸	۱۱۲/۷۸
تالار شیرگاه	-۱/۴۴	۴۷/۰۲	-۲/۱۲	۱۱۴/۰۴
ولیک‌بن	-۱/۶۵	۹۳/۰۷	-۲/۳۶	۱۳۹/۱۱
کسیلیان	-۱/۳۱	۴۴/۷۲	-۲/۰۳	۱۰۱/۵۹
کردخیل	-۱/۲۸	۳۵/۸۶	-۱/۸۶	۷۱/۳۱
سلیمان‌تنگه	-۱/۴۵	۵۹/۲۹	-۲/۱۰	۱۰۶/۴۲
داراب‌کلا	-۱/۴۱	۵۲/۶۱	-۱/۹۸	۸۱/۵۰
نوذرآباد	-۱/۱۶	۳۳/۱۵	-۲/۰۱	۸۴/۸۱
آبلو	-۰/۹۷	۲۰/۳۴	-۱/۹۱	۷۷/۸۳
سفیدچاه	-۱/۲۹	۳۷/۶۷	-۱/۸۹	۷۶/۶۴
وطنا	-۱/۳۴	۴۶/۸۹	-۱/۸۹	۷۲/۱۰
بلده	-۰/۹۱	۲۱/۱۵	-۱/۷۰	۶۴/۰۶
پنجاب	-۱/۴۴	۶۰/۴۰	-۱/۵۹	۵۲/۳۷
گانکسر	-۱/۲۳	۴۰/۱۵	-۱/۸۲	۶۲/۷۷
هنیسک	-۱/۲۸	۳۷/۴۲	-۱/۴۴	۴۳/۴۷

کم‌آبی و پرآبی در ایستگاه قرآن‌تالار به ترتیب برابر با شیب خط $-۱/۹۷$ و $-۲/۲۹$ می‌باشد، در صورتی‌که به ترتیب در دوره‌های کم‌آبی و پرآبی با مقادیر $۱۲۲/۰۹$ و $۱۴۵/۸۹$ دارای بیش‌ترین تداوم بوده است.

شکل (۴) نتایج حاصل از بررسی الگوی تغییرات شدت دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در ایستگاه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

براساس اطلاعات ارائه شده در جدول (۲) می‌توان گفت که در روش آنالیز توانی، شیب بیش‌تر خطوط مستقیم تعیین‌کننده شدت دوره‌های کم‌آبی و پرآبی است. براساس مقادیر شیب خطوط مستقیم، کم‌ترین شدت دوره‌های کم‌آبی و پرآبی جریان در ایستگاه‌های پلور و هنیسک به ترتیب برابر با مقادیر شیب خط $-۰/۸۷$ و $-۱/۴۴$ می‌باشد، در حالی‌که دارای کم‌ترین تداوم با مقادیر به ترتیب $۱۷/۹۴$ و $۴۳/۴۷$ در دوره‌های کم‌آبی و پرآبی بوده است. هم‌چنین بیش‌ترین شدت دوره‌های



شکل ۴. مقادیر شدت دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در برخی از ایستگاه‌های هیدرومتری استان مازندران

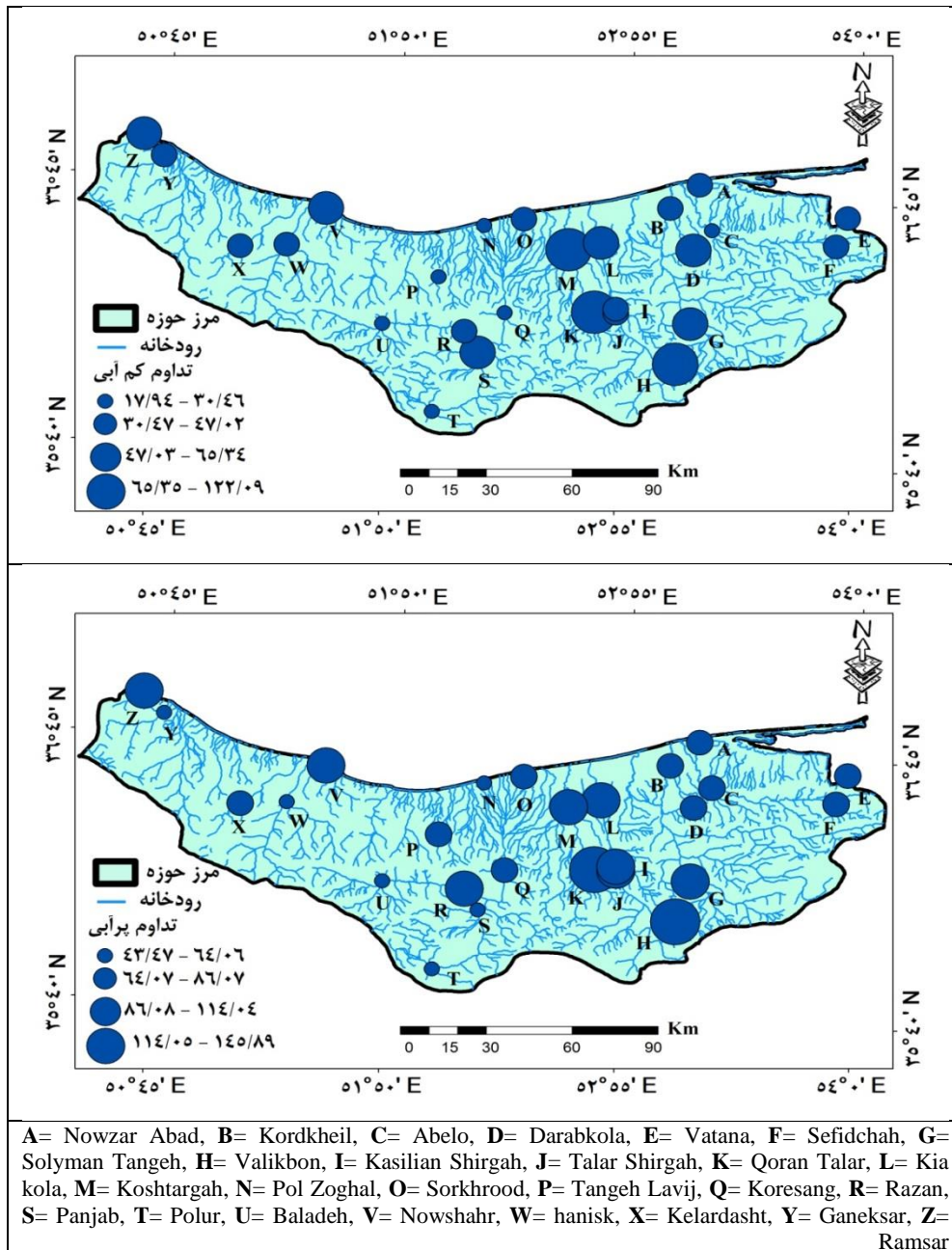
دوره پرآبی با کم‌ترین مقدار شدت در غرب استان قرار گرفته است. هم‌چنین ایستگاه قرآن‌تالار در مرکز استان در هر دو دوره کم‌آبی و پرآبی بیش‌ترین شدت را داراست. ولی ایستگاه‌های

همان‌طور که در شکل (۴) و جدول (۲) مشاهده می‌شود، کم‌ترین شدت دوره کم‌آبی مربوط به ایستگاه پلور واقع در جنوب‌غربی استان می‌باشد، در حالی‌که ایستگاه هنیسک در

توپوگرافی، میزان تأثیرگذاری عوامل صعود و بارندگی و بیشینه ریزش‌های جوی باشد.

نتایج حاصل از محاسبه و تحلیل تداوم جریان در دوره‌های کم‌آبی و پرآبی ایستگاه‌های مختلف مورد مطالعه در شکل (۵) ارائه شده است.

شرقی از جمله وطن و سفیدچاه در هر دو دوره کم‌آبی و پرآبی دارای شدت کم می‌باشند. در نتیجه ایستگاه‌های غربی و جنوب‌غربی استان به‌ترتیب در دوره‌های پرآبی و کم‌آبی در طبقه شدت پایین قرار گرفته‌اند. بنابراین دلیل افزایش شدت در ایستگاه‌های مذکور می‌تواند ناشی از خصوصیات کوهستانی،



شکل ۵. مقادیر تداوم دوره‌های کم‌آبی و پرآبی در برخی از ایستگاه‌های هیدرومتری استان مازندران

جریان می‌باشند و کم‌ترین آن نیز در جنوب‌غربی استان قرار دارند. براساس مقادیر شدت وقوع و تداوم در دوره‌های کم‌آبی و پرآبی می‌توان گفت که ایستگاه‌های با مقدار شدت بالا دارای مقدار تداوم بیشتری در آن ایستگاه است. به‌عبارتی در هر دو دوره کم‌آبی و پرآبی، بین شدت وقوع و تداوم رابطه مستقیم

براساس نتایج نشان داده شده در شکل (۵) و جدول (۲) می‌توان گفت که ایستگاه قرآن‌تالار به‌ترتیب در دوره‌های کم‌آبی و پرآبی دارای بیش‌ترین تداوم با مقادیر ۱۲۲/۰۹ و ۱۴۵/۸۹ در مرکز استان می‌باشد. بنابراین در هر دو دوره کم‌آبی و پرآبی ایستگاه‌های واقع در مرکز و جنوب‌شرقی دارای بیش‌ترین تداوم

تفاوت شرایط آب و هوایی و توپوگرافی مورد تأیید قرار می‌دهد.

نتیجه‌گیری

تحلیل دوره‌های پربابی و کم‌آبی در مقیاس ماهانه، اطلاعات مناسبی در خصوص برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های کشاورزی، آبیاری و پروژه‌های هیدرولوژیک فراهم می‌نماید. در این پژوهش، الگوی دوره‌های کم‌آبی و پربابی جریان رودخانه‌ای در ۲۶ ایستگاه استان مازندران مورد مطالعه قرار گرفت در این راستا، از روش آنالیز توانی برای تعیین شدت و تداوم دوره‌های مورد مطالعه در یک دوره ۳۶ ساله استفاده شد. همچنین نتایج نشان داد که بین شدت وقوع و تداوم دوره‌های کم‌آبی و پربابی رابطه مستقیم وجود دارد. کم‌ترین شدت دوره‌های کم‌آبی و پربابی مربوط به ایستگاه‌های پلور و هنیسک به ترتیب در جنوب‌غربی و غرب استان می‌باشند. براساس نتایج، بیش‌ترین تداوم جریان برای دوره‌های کم‌آبی و پربابی در ایستگاه قرآن‌تالار در مرکز استان به‌وقوع پیوسته است. بنابراین تحلیل خشکسالی براساس شدت و تداوم که از فاکتورهای مهم خشکسالی هستند در ارائه راهکارها و استراتژی‌های مناسب تأثیر زیادی دارد و کمک بزرگی به مدیران و برنامه‌ریزان سیستم‌های منابع آب در شرایط خشکسالی خواهد کرد. قابل ذکر است که روش آنالیز توانی قابلیت استخراج الگوی زمانی و مکانی شدت و تداوم دبی ماهانه در ایستگاه‌های مختلف را دارا می‌باشد. براساس نتایج، می‌توان در مناطق پرباب در خصوص استفاده از جریان مازاد رودخانه‌ها برنامه‌ریزی نمود و علاوه بر این مناطق با شدت بالای وقوع خشکسالی می‌تواند در برنامه‌ریزی جهت کنترل بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی مدنظر قرار گیرد. همچنین نتایج حاصل از چنین تحلیل‌هایی را می‌توان ابزاری برای بررسی تغییرات اقلیمی و پیش‌بینی خشکسالی به‌کار برد.

وجود دارد. در مجموع مقدار عددی تداوم بیان‌گر متوسط تداوم ماهانه با حداکثر احتمال وقوع در ایستگاه مذکور است. در نتیجه ایستگاه‌های واقع در سرشاخه اصلی جنوب‌شرقی و مرکز مازندران دارای تداوم جریان کم‌آبی و پربابی بیش‌تری در مقایسه با سایر ایستگاه‌ها هستند که دلیل آن را می‌توان بالا بودن بهره‌برداری از چاه‌های اطراف رودخانه اصلی و یا تأثیر سدهای احداث شده در منطقه مورد مطالعه مرتبط دانست. در نتیجه تداوم کم‌آبی به نسبت شدت کم‌آبی در استان بیش‌تر و تداوم و شدت خشکسالی هیدرولوژیک در مرکز استان بالا می‌باشد. همچنین شدت پربابی به نسبت تداوم پربابی در همه ایستگاه‌های مورد مطالعه نسبتاً نرمال‌تر و بیش‌تر می‌باشد. بنابراین نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های (Benjamin and Saunders (2002 مبنی بر افزایش فراوانی و تداوم خشکسالی به ترتیب در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت و درازمدت در یک راستا می‌باشد. همچنین با نتایج (Anagnostopoulou et al. (2003 به دلیل تشخیص مناطق تمرکز خشکی براساس طول دوره‌های کم‌آبی و پربابی در مناطق مختلف هم‌خوانی دارد. شاپان ذکر است که (Mostafazadeh et al. (2016 نیز در تحلیل وقوع خشکسالی هیدرولوژیک با استفاده از روش آنالیز توانی در ایستگاه‌های مختلف، نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. بنابراین ارزیابی نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که بین شدت و تداوم وقوع دوره‌های خشکسالی و ترسالی با مقادیر دبی متوسط در ایستگاه‌های مورد مطالعه ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. همچنین میان ارتفاع از سطح دریا و نیز شدت و تداوم دوره‌های مطالعاتی نیز رابطه مشخصی مشاهده نشد. در این خصوص می‌توان تأثیرپذیری خصوصیات دوره‌های تر و خشک را باید در تغییرات خصوصیات بارش و متغیرهای اقلیمی جستجو نمود. در مجموع نتایج پژوهش حاضر تنوع و فراوانی وقوع دوره‌های کم‌آبی در ایستگاه‌های استان مازندران را به دلیل

REFERENCES

- Abdulmalek, A., Asheikh, A. and Tarawneh, Q.Y. (2013) An analysis of dry spells patterns intensity and duration in Saudi Arabia. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 13(3): 314-327.
- Anagnostopoulou, Ch., Maheras, P., Karacostas, T. and Vafiadis, M. (2003). Spatial and temporal analysis of dry spells in Greece. *Journal of Theoretical and Applied Climatology*, 57: 165-179.
- Bazuhair, S.A., Gohani, A. and Sen, Z. (1997). Determination of monthly wet and dry periods in Saudi Arabia. *International Journal of Climatology*, 17: 303-311.
- Benjamin, L.H. and Saunders, A. (2002). A drought climatology for Europe International. *Journal of Climatology*, 22: 1571-1592.
- Bordi, I., Fraedrich, K., Jiang, J. and Sutera, A. (2004). Spatio-temporal variability of dry and wet periods in eastern China. *Journal of Theoretical and Applied Climatology*, 79(1-2): 81-91.
- Caloiero, T., Sirangelo, B., Coscarelli, R. and Ferrari, E. (2016). An analysis of the occurrence probabilities of wet and dry periods through a stochastic monthly rainfall model. *Water*, 8(39):1 21.
- Cindric, K., Pasaric, Z. and Gajic-Capka, M. (2010). Spatial and temporal analysis of dry spells in

- Croatia. *Theoretical and Applied Climatology*, 102(1-2): 171-184.
- Clauset, A., Shalizi, C.R., and Newman, M.E.J. (2009). Power-law distributions in empirical data, *Society for Industrial and Applied Mathematics*, 51(4): 661-703.
- Esfandyari, F., Mostafazadeh, R., and Faghezadeh, P. (2016) Comparison of Temporal Variations in Monthly Discharge and Sediment Load in Some Rivers of West Azerbaijan Province. *Quantitative Geomorphological Research*, 5(2):53-65. (In Farsi)
- Eskandari-Damaneh, H., Zehtabian, Gh.R., Khosravi, H. and Azareh, A. (2015). Analysis of temporal and spatial relationship between meteorological and hydrological drought in Tehran province. *Geographical Data (SEPEHR)*, 24(96): 113-120. (In Farsi)
- Farajzadeh, M. and Ahmadian, K. (2014). Temporal and spatial analysis of drought with use of SPI index in Iran. *Natural Environmental Hazards*, 3(4): 1-16. (In Farsi)
- Ghavidel-Rahimi, Y. (2004). The application of rainfall based criteria in studying of drought and wet years (Case study: East Azarbaijan province). *Pajouhesh & Sazandegi*, 65: 47-56. (In Farsi)
- Herbst, P.H., Bredenkamp, D.B., and Barker, H.M.G. (1966). A technique for the evaluation of drought from rainfall data, *Journal of Hydrology*, 4: 264-272.
- Hisdal, H. and Tallaksen, L.M. (2003). Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: a Case study for Denmark. *Journal of Hydrology*, 281: 230-247.
- Kadioghlu, M. and Sen, Z. (1998). Power-law relationship in describing temporal and spatial precipitation pattern in Turkey. *Journal of Theoretical and Applied Climatology*, 59: 93-106.
- Kao, Sh., Govindaraju, R.S. and Niyogi, D. (2009). A spatio-temporal drought analysis for the Midwestern US. *World Environmental and Water Resources Congress, Great Rivers. American Society of Civil Engineers, ASCE*, 4654-4663.
- Karimi, M., Shahedi, K. and Byzedi, M. (2015). Analysis of hydrological drought using constant threshold level method (Case study: Karkheh river basin, Iran). *Journal of Watershed Management Research*, 6(11): 59-72. (In Farsi)
- Khosravei, M. and Akbarei, M. (2009). A study characteristic of khorasan-south province drought climatology. *Geography and Development*, 7(14): 51-68. (In Farsi)
- Mirakbari, M. and Ganji, A. (2012). A bivariatie analysis of meteorological drought duration and severity (case study: Kermnashah province). *Iran Water Research Journal*, 6(11): 17-25. (In Farsi)
- Mishra, A.K. and Singh, V.P. (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 39: 202-216.
- Morán-Tejeda, E., López-Moreno, J.I., Ceballos-Barbancho, A. and Vicente-Serrano, S.M. (2011). River regimes and recent hydrological changes in the Duero basin (Spain). *Journal of Hydrology*, 404: 241-258.
- Mostafazadeh, R., Vafakhah, M. and Zabihi, M. (2016). Analysis of monthly wet and dry spell occurrence by using power laws in Golestan province, Iran. *Ecohydrology*, 2(4): 429-443. (In Farsi)
- Riebsame, W.E., Changnon, S.A. and Karl, T.R. (1991). Drought and natural resource management in the united states: impacts and implications of the 1987–1989 drought. *Westview Press, Boulder, CO*, p 174.
- Samiei, M. and Telouri, A.A.R. (2008). Investigation of hydrologic drought severity and duration at Tehran fars province watersheds. *Pajouhesh & Sazandegi*, 21(2-79): 21-27. (In Farsi)
- Sen, Z. (2008). Wadi hydrology. *CRC Press, Taylor and Francis Group*, p 347.
- Shahrokh-Vandi, S.M., Lashanizand, M. and Khakpour, M. (2009). A survey of hydrological droughts and its relationship with precipitation in the basins of Khorramabad rivers. *Environmental Based Territorial Planning (Amayesh)*, 2(6):140-155. (In Farsi)
- Sushama, L., Khaliq, N. and Laprise, R. (2010). Dry spell characteristics over Canada in a changing climate as simulated by the Canadian RCM. *Global and Planetary Change*, 74(1):1-14.
- Tallaksen, L.M., Hisdal, H. and Van Lanen, H.A.J. (2009). Space-time modelling of catchment scale drought characteristics in the UK. *Journal of Hydrology*, 375: 363-372.
- Zolina, O., Simmer, C., Belyaev, K., Gulev, S.K. and Koltermann, P. (2013). Changes in the duration of European wet and dry spells during the last 60 years. *Journal of Climate*, 26: 2022-2047.