اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۲، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۴، ص ۴۴۳-۴۲۹

تحلیل الگوی وقوع ماه‌های پرباران و کم‌باران در استان گلستان با استفاده از روش آنالیز توانی

رئوف مصطفی‌زاده[1*]، مهدی وفاخواه[2]، محسن ذبیحی[3]

۱. استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲. دانشیار گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

۳. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد

(تاریخ دریافت ۱۳۹٤/۰۵/۲٦؛ تاریخ تصویب ۱۳۹٤/۱۲/۲۹)

چکیده

دوره‌های مرطوب و خشک می‌تواند به‌عنوان ماه‌های متوالی با مقادیر بیشتر یا کمتر از یک حد آستانهٔ مشخص تعریف شود. در پژوهش حاضر خصوصیات دوره‌های پرباران و کم‌باران در سری‌های زمانی بارش ماهانهٔ ٤٠ ایستگاه هواشناسی در استان گلستان در یک دورهٔ ۳٤ سالهٔ آماری تجزیه و تحلیل شده است. طول دورهٔ ماه‌های پرباران و کم‌باران و نیز توالی وقوع آن‌ها محاسبه و در دوره‌های ۱ تا ۹ ماهه تحلیل شد. براساس نتایج پژوهش حاضر، با استفاده از روش آنالیز توانی، الگوی تداوم دوره‌های ماهانهٔ خشک و مرطوب در هر ایستگاه مشخص شد. وقوع طولانی‌ترین دورهٔ کم‌باران (۹ ماه) در مرکز استان گلستان در ایستگاه‌های تمر و مینودشت به‌ترتیب با ٦ و ۵ بار تکرار، اتفاق افتاده است. این در حالی است که وقوع طولانی‌ترین دورهٔ پرباران (۹ ماه) تنها در ایستگاه بهلکه‌داشلی ۲ تکرار داشته است. همچنین در دوره‌های سه‌ماههٔ متوالی و طولانی‌تر، تعداد وقوع دوره‌های کم‌باران در ایستگاه‌های واقع در بخش شمالی استان گلستان اتفاق افتاده است. براساس تفسیر نتایج پلات‌های لگاریتمی دوگانه (فراوانی وقوع به ازای طول دوره)، می‌توان الگوهای وقوع دوره‌های پرباران و کم‌باران در ایستگاه‌های واقع در مناطق مختلف بارشی را با هم مقایسه کرد. کاربرد روش آنالیز توانی به‌منظور درک بهتر الگوی وقوع دوره‌های خشک و مرطوب در سایر مناطق اقلیمی پیشنهاد می‌شود.

کلیدواژگان: الگوی توالی، پلات لگاریتمی دوگانه، دورهٔ خشک و مرطوب، روابط توانی، وقوع خشکسالی.

* نویسندهٔ مسئول

Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir

مقدمه

اخیراً، مسائل ناشی از تغییرات بارش، به‌ویژه مشکلات ناشی از سیل و خشکسالی و نیز تأثیرات محیط زیستی کاهش بارش موجب افزایش اهمیت و توجه به مطالعات بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی شده است [۸]. ضرورت و مبنای اولیه برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب، ارزیابی خشکسالی‌هاست [۴]. این موضوع نیازمند درک و مطالعهٔ وقوع خشکسالی‌های تاریخی در منطقه و نیز تأثیرات آن در طول دورهٔ وقوع خشکسالی است. قرارگرفتن ایران روی کمربند خشک جهانی موجب شده است که نوسانات بارندگی در کشور شدید باشد. معمول‌ترین مقیاس زمانی برای تحلیل خشکسالی مقیاس سالانه و سپس ماهانه است. اگرچه دورهٔ زمانی سالانه طولانی است، می‌تواند برای خلاصه‌سازی اطلاعات روی رفتار منطقه‌ای خشکسالی استفاده شود. مقیاس ماهانه به‌نظر می‌رسد که بیشتر برای پایش تأثیرات خشکسالی در یک منطقه که در زمینهٔ کشاورزی، منابع آب و ربایش آب‌های زیرزمینی است، مؤثر باشد [۲۱]. به‌دلیل اینکه علاوه بر بارش، متغیرهایی همچون رواناب، تبخیر، رطوبت خاک، رطوبت نسبی، دما و غیره نیز نیاز است [۸]، تعریف مشخصی از خشکی یا شاخص خشکی براساس اهداف مختلف دشوار است. برای ارزیابی و پایش خشکسالی‌های اقلیمی، روش‌های متعددی به‌وسیلهٔ پژوهشگران مختلف ابداع و به‌کار گرفته شده است، اما برخی از این روش‌ها پیچیده و نیازمند اطلاعات گسترده‌ای هستند که در مواردی دسترسی به آن‌ها مقدور نیست [۹، ۵]. ازآنجاکه بارش به‌عنوان مهم‌ترین متغیر ورودی در بسیاری از فرایندهای با آب مرتبط است، بسیاری از مطالعات بر این متغیر متمرکز شده‌اند [۱۱، ۲۶]. کمبود بارش در مقیاس زمانی کوتاه‌مدت بر مقدار رطوبت خاک و در مقیاس زمانی بلندمدت بر مقدار آبدهی رودخانه‌ها، سطح مخازن آب و آب‌های زیرزمینی اثر می‌گذارد [۶]. اطلاعات دوره‌های خشک و مرطوب، دیدگاهی را برای فعالیت‌های کشاورزی، هیدرولوژیک و هیدروژئولوژیک و نیز ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم در یک منطقه فراهم می‌آورد [۱۳]. بنابراین، درک مفاهیم مختلف از خشکسالی به‌منظور تدوین مدل در بررسی خصوصیات مختلف خشکسالی مفید خواهد بود [۲۱]. درمجموع، اهمیت دوره‌های خشک و مرطوب پدیده‌های مختلف هیدرولوژیک را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد: ۱. دوره‌های مرطوب نقش مهمی در تولید آب، برنامه‌ریزی کشت و مدیریت جنگل ایفا می‌کنند. ۲. دوره‌های خشک و مرطوب می‌توانند در توصیف کمی خشکسالی و سیل‌خیزی و پیش‌بینی و ارزیابی وقوع تندسیل‌ها مفید باشند. ۳. نتایج محاسبات واقعی میزان تبخیر در مناطق خشک و نیمه‌خشک برمبنای دوره‌های خشک و مرطوب روزانه به‌صورت دقیق‌تر امکان‌پذیر خواهد بود. ۴. تعیین روابط بارش- رواناب به‌منظور کنترل جریان‌های سطحی با توصیف دوره‌های خشک و مرطوب قابل پیش‌بینی خواهد بود. ۵. توالی دوره‌های خشک و مرطوب در برنامه‌ریزی کنترل سیل، تولید آب و سدهای ذخیره‌ای، اهمیت دارد. ۶. مطالعات مدیریت آب‌های زیرزمینی نیازمند اطلاعاتی از دوره‌های خشک و مرطوب است. مطالعات مختلفی درخصوص تحلیل وقوع دوره‌های خشک و مرطوب صورت گرفته است. در این راستا بازوهایر و همکارانش [۱۵] با استفاده از آمار ۱۶ ایستگاه در مناطق مختلف اقلیمی عربستان سعودی، خصوصیات بارش ماهانهٔ آن‌ها را تجزیه و تحلیل کردند و به این نتیجه رسیدند که طولانی‌ترین دوره‌های مرطوب در قسمت جنوبی این کشور و نیز قسمت مرکزی و شرق آن طولانی‌ترین دوره‌های خشک را دارند. در پژوهش آناگنوستوپولو و همکارانش [۱۴] با استفاده از آمار ۲۰ ایستگاه در یک دورهٔ ۴۰ ساله، دوره‌های خشکی در کشور یونان بررسی شد و از دو حد آستانهٔ 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. اوتون [۲۳] در مطالعه‌ای در مناطق نیمه‌خشک کشور نیجریه شاخص ترکیبی بارش مؤثر را برای کمی‌کردن شرایط خشکی با استفاده از آمار هفت ایستگاه سینوپتیک استفاده کرد و نتیجه گرفت که باید از خصوصیات بارش نیز به‌عنوان شاخص‌های خشکی استفاده شود. سوشاما و همکارانش [۲۸] ضمن بررسی تغییرات خصوصیات دوره‌های خشکی در کشور کانادا و پیش‌بینی آن در دو سناریوی تغییر اقلیم (۴۰ و ۱۴۰ ساله)، میزان تغییرات بارش و دوره‌های خشکی در قسمت‌های مختلف کشور کانادا را مشخص کردند. دای [۱۹] روش‌ها و شاخص‌های

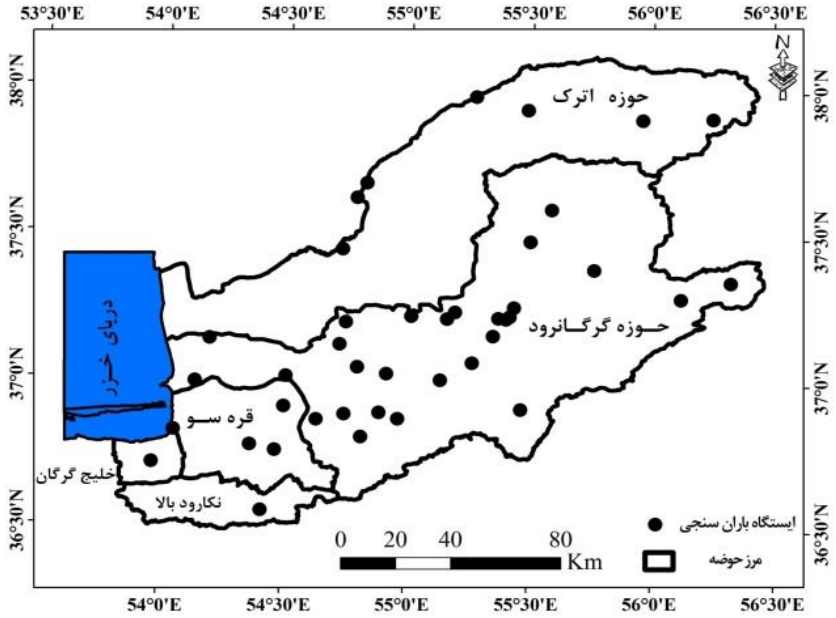
کمی‌کردن خشکی و نیز تغییرات خشکی در قسمت‌های مختلف جهان را بیان کرده است. در این زمینه همچنین می‌توان به مطالعات شارما [۲۵] در شبیه‌سازی دوره‌های مرطوب و خشک کشور کنیا با استفاده از زنجیرهٔ مارکوف، سیرداس و سن [۲۶] در تحلیل زمانی- مکانی خشکی در منطقهٔ تراکیا در کشور ترکیه، استیگ و همکارانش [۲۷] در توزیع شاخص‌های خشکسالی اقلیمی در قارهٔ اروپا و Bordi و همکارانش [۱۷] در تحلیل وقایع حدی دوره‌های خشک و مرطوب در منطقهٔ سیسیلی اشاره کرد.

خلیقی سیگارودی و همکارانش [۲] از داده‌های بارش سالانهٔ یک دورهٔ آماری ۲۶ ساله (۱۳۵۹- ۱۳۸۴) برای ایستگاه‌های استان مازندران به‌منظور تحلیل آماری بارش و تعیین سال‌های مرطوب و خشک استفاده کردند. در این پژوهش مشخص شد که در استان مازندران، شاخص بارش استانداردشده (SPI) به‌دلیل داشتن قابلیت‌های بیشتر ازجمله تفکیک دقیق‌تر طبقه‌ها در هر یک از پدیده‌های ترسالی و خشکسالی، دقت بیشتری نسبت به شاخص‌های PNPI و Nitzche در جداسازی دوره‌های مرطوب و خشک دارد و به تغییرات بارش حساسیت بیشتری دارد. منتظری و غیور [۹] روند بارش و خشکسالی (در مقیاس ماهانه) در ۲۳ زیرحوضهٔ دریای خزر را تحلیل کردند و ضمن تفکیک منطقه به ۴ قلمرو اقلیمی، روند تغییرات بارش در منطقه را تعیین کردند. عساکره و مازینی [۳] احتمال وقوع روزهای خشک در استان گلستان را با استفاده از مدل زنجیرهٔ مارکوف مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که احتمال تداوم روزهای خشک در ناحیهٔ پرباران جنوبی استان بسیار کمتر از روزهای مشابه در ناحیهٔ کم‌باران شمالی است. همچنین می‌توان به مطالعات یوسفی و همکارانش [۱۲] در برآورد احتمالات خشکسالی و ترسالی با استفاده از زنجیرهٔ مارکوف و توزیع نرمال، نگارش و همکارانش [۱۰] در مطالعهٔ خشکسالی‌های کوتاه‌مدت شهرستان زاهدان با استفاده از شاخص SPI و آزادی و سلطانی [۱] در واسنجی و پهنه‌بندی ضرایب اقلیمی شاخص پالمر به‌منظور مدیریت ریسک خشکسالی در اکوسیستم‌های طبیعی (تالاب‌ها) ایران اشاره کرد. همچنین مصطفی‌زاده و همکارانش [۸] در تحلیل خشکسالی هواشناسی با متغیرهای بارش، دما و رطوبت نسبی و استفاده از مدل نمودار سه‌متغیره اشاره کرد.

فراوانی وقوع خشکسالی‌ها در استان گلستان به‌دلیل وجود تنوع آب و هوایی متفاوت خواهد بود. بنابراین، هدف پژوهش حاضر، کاربرد مفهوم آنالیز توانی با استفاده از نمودارهای دوگانهٔ لگاریتمی در ارزیابی دوره‌های پرباران و کم‌باران براساس داده‌های مشاهداتی در یک دورهٔ آماری ۳۴ ساله است. ازآنجاکه روش آنالیز توانی با مفاهیم احتمالاتی دوره‌های خشک و مرطوب مرتبط است، درواقع از مشکلاتی همچون نرمال‌بودن داده‌ها، مقادیر حدی و سایر تأثیرات آن مستثناست. در این روش به‌جای تغییرات مقادیر فصلی یا سالانه، به رژیم‌های بارشی توجه می‌شود.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر، استان گلستان براساس مرز هیدرولوژیک به‌عنوان واحد مطالعاتی در نظرگرفته شده است. استان گلستان از نظر گستردگی، تنوع توپوگرافی، نوع کاربری‌های اراضی ناهمگنی زیادی دارد که خصوصیات و وقوع زمانی و مکانی دوره‌های خشک و مرطوب را متأثر می‌سازد. استان گلستان با مساحتی حدود ۲۰۴۳۸ کیلومترمربع در شمال شرق کشور و در محدودهٔ جغرافیایی ´۵۰ °۵۳ تا´۱۸ °۵۶ طول شرقی و´۲۵ °۳۶ تا´۰۸ °۳۸ عرض شمالی واقع شده است. میزان بارندگی متوسط سالانه از حدود۱۵۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر متغیر است. استان گلستان در طبقه‌بندی دومارتن اقلیم‌های متفاوتی دارد که در این طبقه‌بندی، نوار شمالی استان اقلیم خشک و نوار پایین‌تر آن اقلیم نیمه‌خشک دارد. همچنین دو ناحیهٔ بسیار مرطوب در داخل نواحی مرطوب و پنج ناحیهٔ مرطوب در داخل نواحی نیمه‌مرطوب قرار دارد [۹]. در شکل ۱ موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های باران‌سنجی استفاده‌شده در پژوهش حاضر ارائه شده است. در جدول ۱ نیز برخی از خصوصیات ایستگاه‌های مطالعاتی استفاده‌شده در تجزیه و تحلیل‌ها، ارائه شده است.



شکل ۱. موقعیت و پراکنش ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در استان گلستان

جدول ۱. برخی خصوصیات ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در استان گلستان

ردیف	ایستگاه	میانگین بارش سالانه (mm)	دورهٔ پرباران (٪)	دورهٔ کم‌باران (٪)	ارتفاع از سطح دریا (m)	ردیف	ایستگاه	میانگین بارش سالانه (mm)	دورهٔ پرباران (٪)	دورهٔ کم‌باران (٪)	ارتفاع از سطح دریا (m)
۱	آق‌قلا	۴۲۵	۴۳/۴	۵۶/۶	-۱۲	۲۱	کبودوال	۶۰۸	۴۳/۶	۵۶/۴	۲۸۰
۲	آرازکوسه	۴۴۶	۴۵/۸	۵۴/۲	۳۴/۵	۲۲	گالیکش	۷۵۲	۴۴/۶	۵۵/۴	۲۵۰
۳	باغ‌سالیان	۳۴۳	۴۴/۴	۵۵/۶	۲۰	۲۳	گنبد	۴۲۱	۴۴/۱	۵۵/۹	۳۶
٤	بهلکه‌داشلی	۴۲۹	۴۳/۶	۵۶/۴	۲۴	۲۴	لاله‌باغ	۵۰۳	۴۳/۴	۵۶/۶	۳۱
۵	پس‌پشته	۸۸۲	۴۳/۴	۵۶/۶	۱۸۰	۲۵	لزوره	۸۴۹	۴۳/۴	۵۶/۶	۱۵۵
٦	پیش‌کمر	۵۳۳	۴۱/۹	۵۸/۱	۲۵۰	۲۶	مینودشت	۷۵۴	۴۳/۶	۵۶/۴	۳۰۰
۷	تقی‌آباد	۵۷۳	۴۴/۹	۵۵/۱	۱۰۰	۲۷	نوده	۸۱۷	۴۵/۱	۵۴/۹	۲۸۰
۸	تمر	۵۱۷	۴۱/۹	۵۸/۱	۱۳۲	۲۸	سلطان‌آباد	۴۵۶	۴۴/۱	۵۵/۹	۱۲
۹	تنگ‌راه	۷۰۰	۴۳/۹	۵۶/۱	۳۳۰	۲۹	قازانقایه	۲۷۹	۴۲/۴	۵۷/۶	۲۲۰
۱۰	تیل‌آباد	۲۴۱	۴۱/۷	۵۸/۳	۲۵۰	۳۰	مراوه‌تپه	۳۵۳	۴۳/۴	۵۶/۶	۱۹۰
۱۱	چشمه‌خان	۲۳۴	۴۰/۰	۶۰/۰	۱۲۵۰	۳۱	هوتن	۲۷۵	۴۳/۱	۵۶/۹	۱۰۰
۱۲	رامیان	۸۵۸	۴۳/۶	۵۶/۴	۲۰۰	۳۲	چات	۱۹۴	۳۸/۲	۶۱/۸	۷۰
۱۳	رباط قره‌بیل	۱۹۷	۴۱/۹	۵۸/۱	۱۴۵۰	۳۳	اینچه‌برون	۲۱۹	۴۰/۷	۵۹/۳	۱۰
۱۴	زرین‌گل	۸۰۴	۴۵/۳	۵۴/۷	۲۸۰	۳۴	داشلی‌برون	۱۸۴	۴۱/۲	۵۸/۸	۲۴
۱۵	سد گرگان	۳۳۷	۴۳/۶	۵۶/۴	۱۲	۳۵	ترشکلی	۲۱۶	۴۰/۰	۶۰/۰	۲۵
۱۶	سرمو	۷۶۲	۴۳/۶	۵۶/۴	۵۰۰	۳۶	قلعه‌جیق	۳۵۰	۴۰/۹	۵۹/۱	-۲۰
۱۷	غفارحاجی	۴۴۲	۴۱/۴	۵۸/۶	-۲۲	۳۷	ناهارخوران	۷۶۷	۴۵/۸	۵۴/۲	۵۰۰
۱۸	فاضل‌آباد	۶۵۱	۴۸/۰	۵۲/۰	۲۱۰	۳۸	شاه‌کوه‌بالا	۵۳۸	۳۷/۰	۶۳/۰	۲۵۰۰
۱۹	قزاقلی	۳۶۰	۴۳/۴	۵۶/۶	۳۰	۳۹	شصت‌کلا	۷۰۸	۴۵/۳	۵۴/۷	۱۵۰
۲۰	قلی‌تپه	۸۲۸	۴۳/۴	۵۶/۶	۲۵۰	۴۰	سیاه‌آب	۵۱۰	۴۴/۴	۵۵/۶	-۲۶

با توجه به وجود ایستگاه‌ها در مناطق مختلف استان و در شرایط آب و هوایی تقریباً متفاوت و همچنین طولانی‌بودن طول دورهٔ آماری استفاده‌شده، کاربرد روش آنالیز توانی امکان بررسی وضعیت دوره‌های پرباران و کم‌باران را در منطقهٔ مطالعه‌شده میسر می‌سازد. برای انجام این پژوهش، براساس طول دورهٔ آماری موجود و نیز کامل‌بودن آمار ایستگاه‌ها، تعداد ۴۰ ایستگاه باران‌سنجی وزارت نیرو که در قسمت‌های مختلف استان واقع شده‌اند، انتخاب شد.

روش آنالیز توانی

یک شاخص خشکسالی زمانی مفید است که بتواند ارزیابی کمّی، ساده و روشنی از خصوصیات اصلی خشکسالی یعنی تداوم، شدت، فراوانی و سطح دربرگیرندهٔ خشکسالی را ارائه دهد [۲۱]. دوره‌های پرباران و کم‌باران به‌صورت متوالی و متناوب تکرار می‌شوند [۲۴،۱۷،۱۶]. قبل از استفاده از این روش باید دوره‌های خشک و مرطوب مشخص شوند. دوره‌های پرباران و کم‌باران می‌تواند در مقیاس‌های زمانی متفاوت در نظر گرفته شود که در پژوهش حاضر مبنای ماهانه انتخاب شده است [۲۱]. در مناطق مرطوب، طبیعت متغیر دوره‌های پرباران و کم‌باران می‌تواند به‌وسیلهٔ تعیین آستانهٔ آن در یک سطح مشخص، مانند مقدار بارش صفر در مناطق خشک تعیین شود [۱۴، ۱۸]. نقاط مهم در تعیین آستانهٔ یک سری از داده‌ها برای تعیین دوره‌های پرباران و کم‌باران، نقاطی است که رویدادهای بارش از دوره‌های پرباران و کم‌باران و به‌عکس تغییر می‌کنند. حد آستانه نقش مهمی در تفکیک دوره‌های پرباران و کم‌باران ایفا می‌کند. در پژوهش حاضر میانگین‌های هر ماه (۱۲ ماه) در کل دورهٔ آماری (برای مثال در ماه مهر، حد آستانهٔ میانگین به‌دست‌آمده از ۳۴ سال دورهٔ آماری) برای تعیین حد آستانه در انتخاب دوره‌های پرباران و کم‌باران استفاده شده است. در این مرحله مقادیر مثبت و منفی پس از کم‌کردن مقادیر بارش هر ماه از مقدار میانه یا میانگین مقادیر بارش ماهانه، به‌صورت یک سری از داده‌ها به‌دست می‌آید [۲۱]. پس از محاسبهٔ تفاضل مقادیر بارش ماهانه از میانگین درازمدت، زیرمجموعه‌های پیوستهٔ مقادیر مثبت و منفی به‌صورت متوالی و تصادفی به دست می‌آید. تصادفی‌بودن در اینجا بیانگر این است که وقوع دوره‌های پرباران و کم‌باران بر تکرار وقوع یکدیگر هیچ تأثیری ندارند. به بیانی در بارش ایستابی مرتبهٔ اول خصوصیت دوره‌ای‌بودن میانگین نوسانات حذف شده است.

تعداد دوره‌های پرباران یا کم‌باران در طول کل دورهٔ آماری به‌ترتیب از کمترین مقیاس زمانی (یک‌ماهه) تا بیشترین آن برای هر ایستگاه محاسبه می‌شود [۲۴]. سپس طول مبنای زمانی افزایش می‌یابد و دوباره تعداد دنباله‌های دوره‌های پرباران و کم‌باران در کل دورهٔ آماری برای هر ایستگاه شمارش می‌شود که در این پژوهش دوره‌های ۱ تا ۹ ماهه مبنا قرار داده شده است. مشخص است که با افزایش مقیاس زمانی، تعداد وقوع دوره‌های ترسالی یا خشکسالی کاهش می‌یابد. معمولاً، تابع توانی براساس روابط ۱ و ۲ بیان می‌شود [۲۴].

$$T_w = a_w N_w^{-b_w} \quad (۱)$$

$$T_d = a_d N_d^{-b_d} \quad (۲)$$

که در آن‌ها T_w و T_d به‌ترتیب مقیاس زمانی دوره‌های پرباران و کم‌باران، N_w و N_d به‌ترتیب تعداد دوره‌های پرباران و کم‌باران هستند و پارامترهای a_w، b_w، a_d و b_d به خصوصیات دوره‌های پرباران و کم‌باران بستگی دارند. برآورد این پارامترها با استفاده از نمودار لگاریتمی دوگانه روی یک خط مستقیم امکان‌پذیر است. روی نمودار لگاریتمی دوگانه مقادیر ثابت و شیب خط رابطهٔ یادشده به‌صورت خط مستقیمی خواهد شد که نشان‌دهندهٔ مقادیر a و b هستند [۲۴]. به روش کمترین مربعات، خط برازش مناسب میان ابرنقاط تعداد دوره‌های پرباران و کم‌باران رسم شد که براساس میزان نزدیکی ابرنقاط به خط برازش داده‌شده و مندرج در شکل ۲، امکان تفسیرهای متفاوت براساس الگوی قرارگیری خطوط مربوط به دوره‌های پرباران و کم‌باران روی پلات لگاریتمی دوگانه فراهم می‌شود. در ادامهٔ الگوی مکانی پراکنش تکرار وقوع برای دوره‌های پرباران و کم‌باران با استفاده از روش کریجینگ در نرم‌افزار ArcMap 9.3 درون‌یابی شد و نقشهٔ آن‌ها به‌صورت مکانی تهیه شد. نقشهٔ تکرار وقوع دوره‌های (۱ تا ۸ ماهه) در سطح منطقهٔ مطالعه‌شده برای دو دورهٔ پرباران و کم‌باران تهیه شد که نقشهٔ تکرار وقوع دوره‌های وقوع ۳ و ۶ ماهه به‌عنوان نمونه در شکل‌های ۳ تا ۶ ارائه شده است.

نتایج

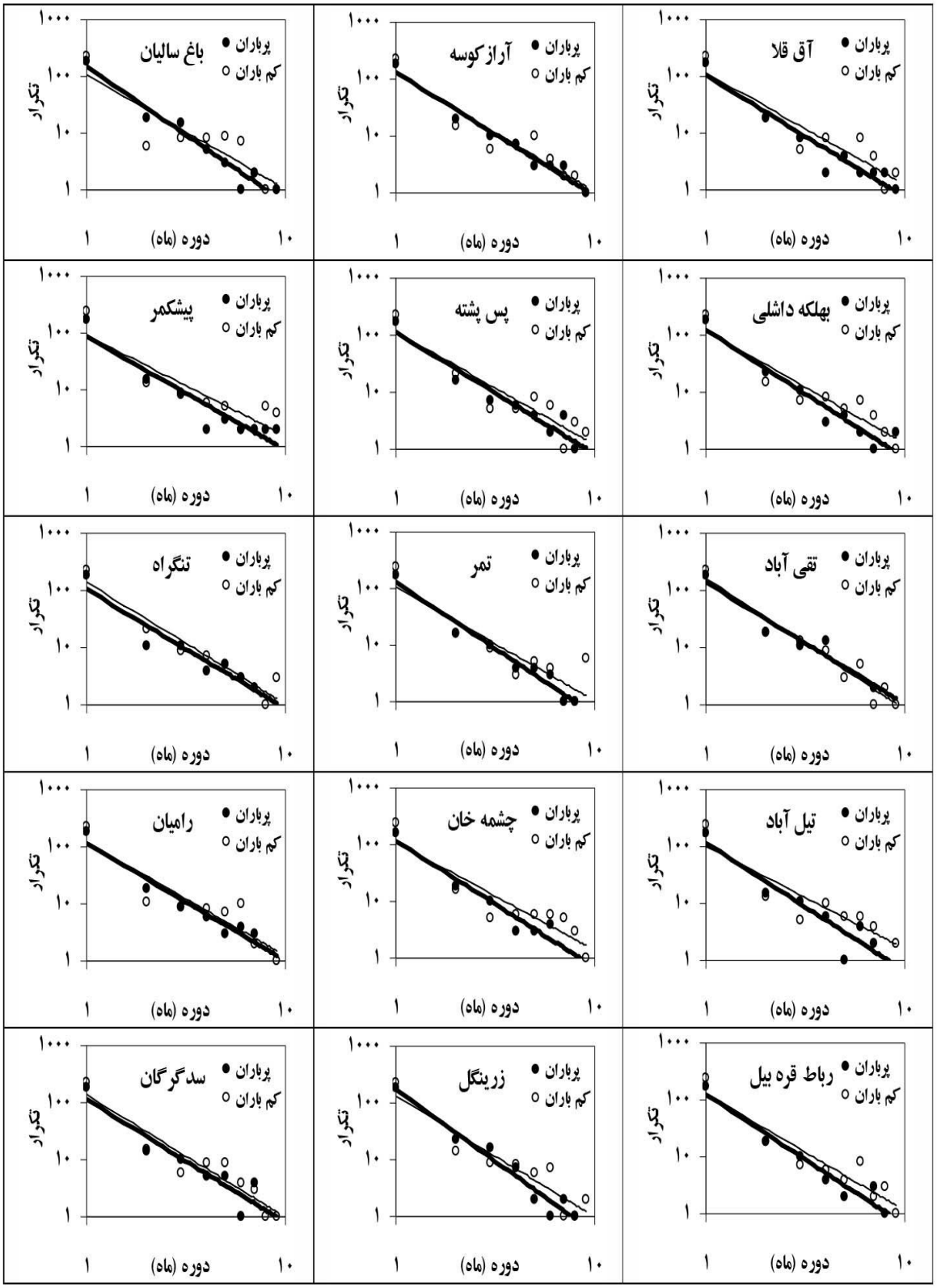
همان‌طور که در روش پژوهش یاد شد، توالی مقادیر بارش ماهانه براساس تعداد دوره‌های پرباران و کم‌باران محاسبه شد که نتایج تجزیه و تحلیل در مقیاس‌های مختلف برای ایستگاه‌های منتخب در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲. تعداد تکرار و مدت دوره‌های پرباران و کم‌باران به ازای مقیاس‌های مختلف ماهانه در ایستگاه‌های استان گلستان

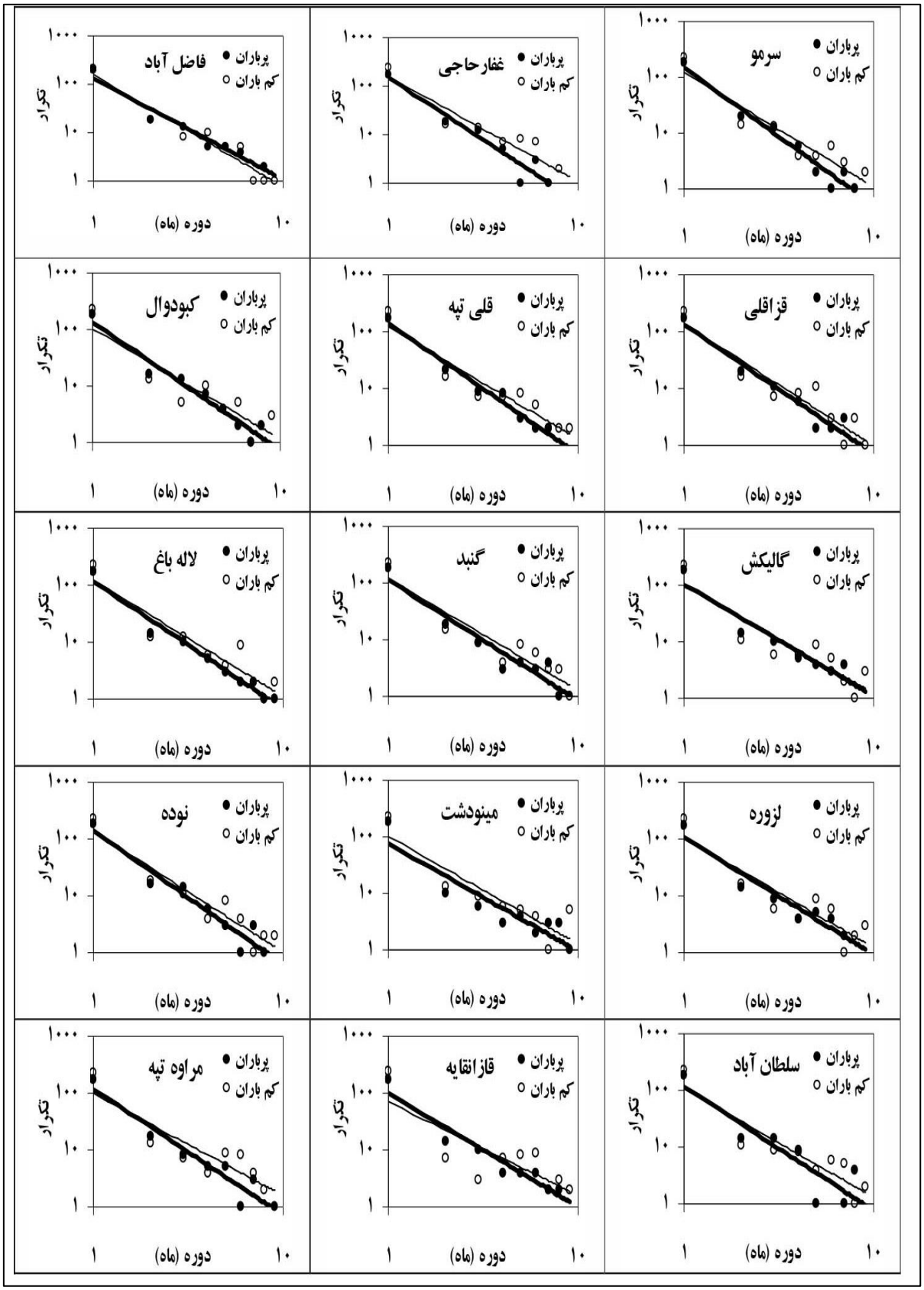
ایستگاه	تداوم (ماه)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ایستگاه	تداوم (ماه)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
آق‌قلا	پرباران	۱۷۷	۱۹	۸	۲	۴	۲	۲	۲	۱	تمر	پرباران	۱۷۱	۱۶	۱۰	۴	۴	۳	۱	۱	–
	کم‌باران	۲۳۱	۱۸	۵	۸	۴	۸	۴	۱	۲		کم‌باران	۲۳۷	۱۶	۹	۳	۵	۴	۱	۱	۶
ارازکوسه	پرباران	۱۸۷	۲۰	۱۰	۷	۳	۳	۳	–	۱	تنگ‌راه	پرباران	۱۷۹	۱۱	۱۱	۴	۵	۳	۲	–	–
	کم‌باران	۲۲۱	۱۵	۶	۷	۱۰	۴	۲	۲	۱		کم‌باران	۲۲۹	۲۱	۹	۷	۵	۳	۲	۱	۳
باغ سالیان	پرباران	۱۸۱	۱۹	۱۵	۵	۳	۱	۲	–	۱	تیل‌آباد	پرباران	۱۷۰	۱۵	۱۱	۶	۱	۴	۲	–	–
	کم‌باران	۲۲۷	۶	۸	۸	۹	۷	۲	۱	۱		کم‌باران	۲۳۸	۱۳	۵	۱۰	۶	۶	۴	–	۲
بهلکه‌داشلی	پرباران	۱۸۷	۲۲	۱۱	۳	۴	۲	۱	–	۲	چشمه‌خان	پرباران	۱۶۳	۱۸	۱۰	۳	۳	۴	–	–	–
	کم‌باران	۲۳۰	۱۵	۷	۸	۵	۷	۴	۲	۱		کم‌باران	۲۴۵	۱۶	۵	۶	۶	۶	۵	۳	۱
پس‌پشته	پرباران	۱۷۷	۱۶	۷	۶	۴	۲	۴	۱	–	رامیان	پرباران	۱۷۸	۱۸	۹	۶	۳	۴	۳	–	–
	کم‌باران	۲۳۱	۲۱	۵	۵	۸	۶	۱	۳	۲		کم‌باران	۲۳۰	۱۱	۹	۸	۷	۱۰	۲	–	۱
پیش‌کمر	پرباران	۱۷۱	۱۵	۹	۲	۳	۲	۲	۲	۲	رباط قره‌بیل	پرباران	۱۷۱	۱۹	۱۰	۴	۲	–	۳	۱	–
	کم‌باران	۲۳۷	۱۳	۸	۶	۵	۲	۲	۵	۴		کم‌باران	۲۳۷	۱۹	۷	۶	۴	۸	۲	۳	۱
تقی‌آباد	پرباران	۱۸۳	۱۸	۱۱	۱۳	–	–	۲	–	–	زرین‌گل	پرباران	۱۸۵	۲۲	۱۶	۷	۲	۱	۲	۱	–
	کم‌باران	۲۲۵	۱۸	۱۳	۹	۳	۵	۱	۲	۱		کم‌باران	۲۲۳	۱۴	۹	۸	۶	۷	۱	۱	۲
سد گرگان	پرباران	۱۷۸	۱۴	۱۰	۵	۵	۱	۴	–	–	کبودوال	پرباران	۱۷۸	۱۶	۱۳	۷	۴	۲	۱	۲	–
	کم‌باران باران	۲۳۰	۱۵	۶	۹	۹	۴	۳	۱	۱		کم‌باران باران	۲۳۰	۱۳	۵	۱۰	۴	۵	۱	۲	۳
سرمو	پرباران	۱۷۸	۲۰	۱۲	۶	۲	۱	۲	۱	–	گالیکش	پرباران	۱۸۲	۱۴	۱۰	۵	۴	۳	۴	–	–
	کم‌باران باران	۲۳۰	۱۴	۱۳	۴	۴	۶	۳	۱	۲		کم‌باران باران	۲۲۶	۱۱	۶	۶	۹	۵	۲	۱	۳
غفارحاجی	پرباران	۱۶۹	۱۹	۱۲	۵	۱	۳	۱	–	–	گنبد	پرباران	۱۸۰	۱۸	۹	۳	۴	۳	۴	۱	–
	کم‌باران	۲۳۹	۱۶	۱۴	۷	۸	۷	۱	۲	–		کم‌باران	۲۲۸	۱۵	۹	۴	۸	۶	۳	۳	۱
فاضل‌آباد	پرباران	۱۹۶	۱۹	۱۳	۵	۵	۴		۲	–	لاله‌باغ	پرباران	۱۷۷	۱۴	۱۰	۵	۳	۲	۲	۱	۱
	کم‌باران	۲۱۲	۱۸	۸	۱۰	۵	۵	۱	۱	۱		کم‌باران	۲۳۱	۱۲	۱۲	۶	۴	۹	۲	۱	۲
قزاقلی	پرباران	۱۷۷	۲۰	۱۱	۶	۲	۲	۳	–	–	لزوره	پرباران	۱۷۷	۱۴	۹	۴	۵	۴	۲	–	–
	کم‌باران	۲۳۱	۱۶	۷	۸	۱۱	۳	۱	۳	۱		کم‌باران	۲۳۱	۱۶	۶	۴	۹	۶	۱	۲	۳
قلی‌تپه	پرباران	۱۷۷	۲۱	۹	۸	۳	۲	۲	–	–	مینودشت	پرباران	۱۷۸	۱۰	۶	۳	۴	۲	۳	۳	۱
	کم‌باران	۲۳۱	۱۶	۷	۷	۸	۵	۲	۲	۲		کم‌باران	۲۳۰	۱۳	۹	۶	۵	۴	۱	–	۵
نوده	پرباران	۱۸۴	۱۶	۱۴	۶	۳	۱	۳	۱	–	چات	پرباران	۱۵۶	۱۴	۸	۲	۴	۱	۳	–	۱
	کم‌باران	۲۲۴	۱۹	۱۱	۴	۸	۴	۱	۲	۲		کم‌باران	۲۵۲	۱۲	۴	۱۱	۸	۸	۳	۴	۱
سلطان‌آباد	پرباران	۱۸۰	۱۴	۱۴	۹	۱	۳	۱	۴	–	اینچه‌برون	پرباران	۱۶۶	۱۸	۱۱	۳	۵	۱	۲	–	–
	کم‌باران	۲۲۸	۱۱	۹	۸	۴	۶	۵	۱	۲		کم‌باران	۲۴۲	۱۵	۴	۴	۷	۹	۴	۲	۲
قازانقایه	پرباران	۱۷۳	۱۴	۱۰	۴	۴	۴	۲	۲	–	داشلی‌برون	پرباران	۱۶۸	۱۶	۸	۵	۵	۲	۱	–	–
	کم‌باران	۲۳۵	۷	۳	۷	۸	۹	۲	۳	۲		کم‌باران	۲۴۰	۱۳	۱۰	۴	۱۰	۸	۱	–	۳
مراوه‌تپه	پرباران	۱۷۷	۱۷	۸	۵	۵	۱	۳	–	۱	ترشکلی	پرباران	۱۶۳	۲۴	۴	۵	۵	۱	۱	۱	–
	کم‌باران	۲۳۱	۱۳	۷	۴	۹	۸	۴	۲	–		کم‌باران	۲۴۵	۱۴	۷	۷	۸	۸	۳	۲	۲
هوتن	پرباران	۱۷۶	۲۱	۸	۲	۶	۴	۱	–	۱	قلعه‌جیق	پرباران	۱۶۷	۲۳	۱۴	۳	۳	۱	۱	–	–
	کم‌باران	۲۳۲	۹	۵	۵	۱۰	۱۲	۱	۱	۱		کم‌باران	۲۴۱	۱۲	۴	۱۰	۷	۱۰	۲	۱	۱
شاه‌کوه بالا	پرباران	۱۵۱	۱۱	۷	۴	۷	۱	۴	۱	۱	ناهارخوران	پرباران	۱۸۷	۲۴	۱۱	۷	۲	۱	۲	۲	–
	کم‌باران	۲۵۷	۵	۷	۵	۵	۱	۱	۱	۱		کم‌باران	۲۲۱	۱۵	۱۲	۷	۸	۳	–	–	۳
شصت کلاته	پرباران	۱۸۵	۲۳	۱۴	۱۰	۱	۱	۱	–	–	سیاه‌آب	پرباران	۱۸۱	۲۶	۱۱	۸	–	–	۲	۱	–
	کم‌باران	۲۲۳	۱۵	۱۶	۷	۸	۲	۲	–	۱		کم‌باران	۲۲۷	۱۳	۱۸	۳	۷	۵	۳	–	۱

براساس اطلاعات جدول ۲، توالی مقادیر بارش ماهانه به تکرار دنباله‌های مشخص‌شده در طول دورهٔ آماری تبدیل شده است. به‌طور مثال در ایستگاه شصت‌کلاته تعداد دوره‌های پرباران و کم‌باران در یک دورهٔ متوالی ۲ ماهه، به‌ترتیب ۲۳ و ۱۵ مورد در کل دورهٔ آماری است. با توجه به جدول ۲، می‌توان دریافت که رابطهٔ معکوسی میان مدت و تعداد وقوع ماه‌های متوالی پرباران و کم‌باران وجود دارد. بدین‌ترتیب که با افزایش مدت دورهٔ مد نظر از تعداد وقوع ماه‌های متوالی پرباران و کم‌باران کاسته می‌شود. با توجه به ارتفاع از سطح دریا و تأثیر وقوع بارش‌های کوهستانی، تعداد دوره‌های کم‌باران نسبت به دوره‌های پرباران کمتر است و به‌بیانی دوره‌های پرباران طولانی‌تری به وقوع می‌پیوندند. مشخص است که با افزایش طول مبنای زمانی، از تعداد تکرار دنباله‌های پرباران و کم‌باران کاسته می‌شود. در ایستگاه‌هایی که ارتفاع بیشتری از سطح دریا دارند، انتظار می‌رود که طول دوره‌های پرباران بیشتری داشته باشند. بررسی تعداد وقوع دوره‌های پرباران و کم‌باران در مقیاس‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد که درمجموع در دوره‌های یک‌ماهه، تعداد وقوع دوره‌های کم‌باران از پرباران در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر است، ولی در دوره‌های دوماههٔ متوالی، حالت عکس دارد و تعداد وقوع دوره‌های پرباران بیشتر است. در ادامه به‌منظور تعیین تغییرات زمانی دوره‌های پرباران و کم‌باران، دورهٔ زمانی آن‌ها به ازای تعداد وقوع، در هر ایستگاه در مقیاس لگاریتمی رسم شد. روش خط مستقیم رگرسیونی روی پلات لگاریتمی دوگانه مبنای تعیین دوره‌های پرباران و کم‌باران خواهد بود. در تفسیر نمودارهای لگاریتمی دوگانه و خطوط برازش داده‌شدهٔ رگرسیونی، نزدیکی ابرنقاط به خط مستقیم نشان می‌دهد که دوره‌های پرباران و کم‌باران یک رژیم همگن دارند. خطوط نزدیک یا موازی بدون تقاطع دو دورهٔ مختلف بیانگر عدم تغییرات زمانی است و هرگونه انحراف منظم از خط مستقیم بیانگر شرایط غیریکنواخت است. تلاقی‌نیافتن خطوط دوره‌های پرباران و کم‌باران نشان می‌دهد که دوره‌های یادشده همیشه کوتاه‌تر یا طولانی‌تر از یکدیگرند. اگر خط مربوط به دورهٔ پرباران بالاتر از خط مربوط به دورهٔ کم‌باران قرار گیرد، ایستگاه مد نظر در شرایط مرطوب واقع شده است، در غیر این‌صورت خشکی غالب خواهد بود. نزدیکی خطوط به همدیگر بیانگر شرایط متعادل خشک و مرطوب بارندگی است [۱۵، ۲۰، ۲۴]. در شکل ۲ پلات لگاریتمی دوگانهٔ طول دوره‌های کم‌باران و پرباران را به ازای فراوانی وقوع نمایش می‌دهد که خطوط رگرسیونی متناسب با هر دوره در هر ایستگاه برازش داده شده است.

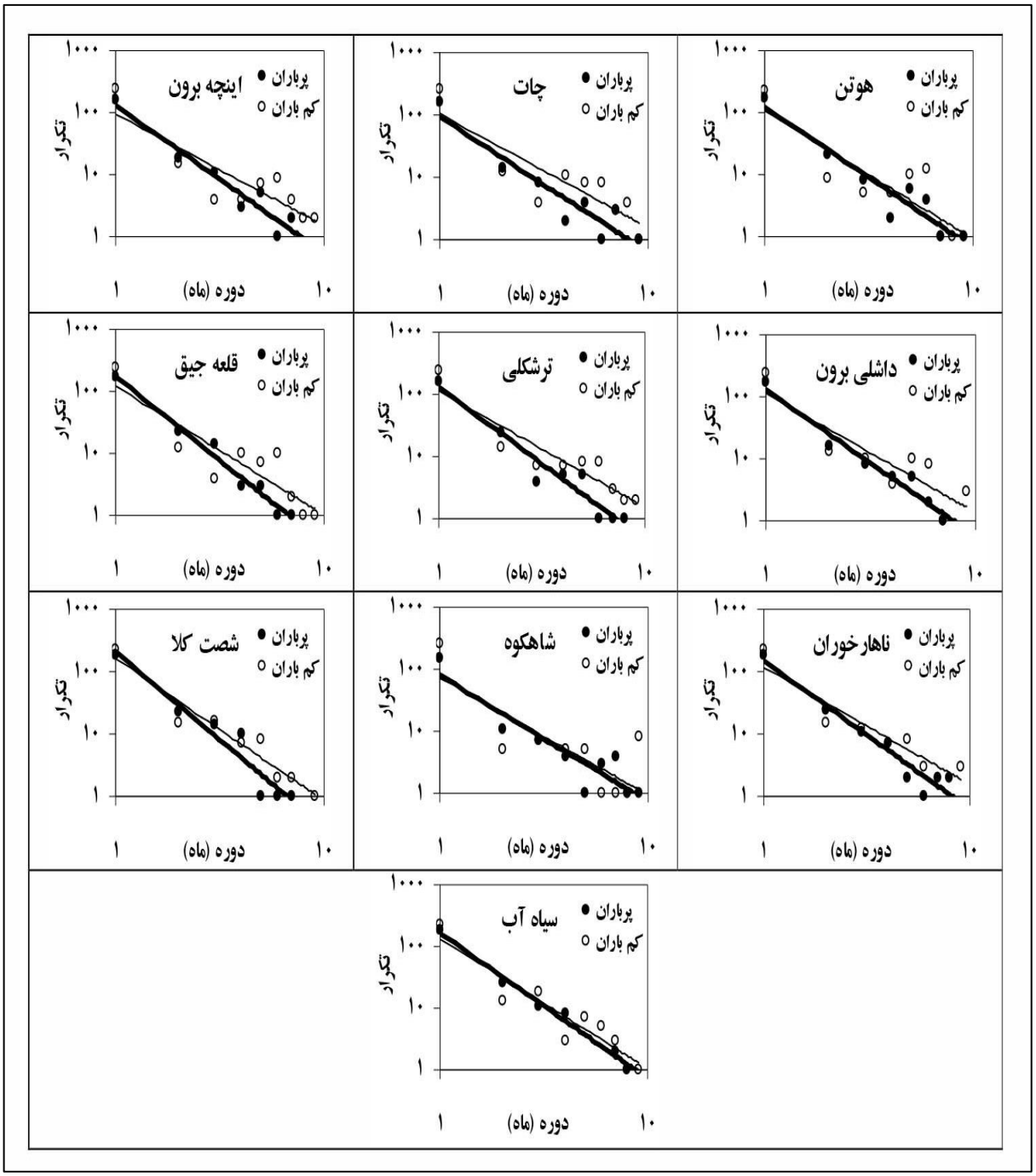
براساس نتایج خطوط رگرسیونی برازش داده‌شده و مندرج در شکل ۲ رابطهٔ معکوس میان‌مدت و فراوانی وقوع دورهای زمانی پرباران و کم‌باران به‌دست آمده است. قرارگرفتن بالاتر خط مستقیم دورهٔ پرباران نسبت به دورهٔ کم‌باران در ایستگاه‌های تقی‌آباد، رامیان، فاضل‌آباد و گالیکش نشان می‌دهد که ایستگاه‌های یادشده در منطقهٔ نسبتاً مرطوب قرار گرفته‌اند، این در حالی است که در سایر ایستگاه‌ها، شرایط عکس و وضعیت کم‌باران غالب است. با دقت در جدول ۱ می‌توان دریافت که صرفاً قضاوت براساس میزان بارندگی سالانه نمی‌تواند معیار مناسبی برای تعیین وضعیت ایستگاه از نظر بارش باشد. چنانچه ایستگاه‌هایی وجود دارند که مقدار بارش سالانهٔ آن‌ها بیشتر ولی الگوی پراکنش بارش در ماه‌های مختلف به‌شکلی است که در منطقه شرایط کم‌باران حاکمیت دارد. در این خصوص می‌توان گفت که روش آنالیز توانی، قابلیت استخراج الگوی تناوب بارش ماهانه و تداوم آن را دارد و بر این اساس به قضاوت دربارهٔ وضعیت بارش می‌پردازد. همچنین نزدیکی نقاط روی منحنی لگاریتمی دوگانه با خط برازش داده‌شده، بیانگر همگن‌بودن رژیم رطوبتی در ایستگاه مطالعه‌شده است. بر این اساس، رژیم رطوبتی در ایستگاه‌های آرازکوسه، پس‌پشته، تنگ‌راه، رامیان، فاضل‌آباد و گالیکش ثبات بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارد. در ایستگاه‌های باغ سالیان، زرین‌گل، کبودوال، قازانقایه، اینچه‌برون، قلعه‌جیق، ناهارخوران و سیاه‌آب، تلاقی میان خطوط مستقیم پرباران و کم‌باران دیده می‌شود. این در حالی است که در سایر ایستگاه‌ها دوره‌های پرباران و کم‌باران همیشه کوتاه‌تر یا بلندتر از یکدیگرند.



شکل ۲. پلات لگاریتمی دوگانهٔ تعداد وقوع دوره‌های مختلف کم‌باران و پرباران در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان گلستان


سرمو
غفارحاجی
فاضل آباد
قزاقلی
قلی تپه
کبودوال
گالیکش
گنبد
لاله باغ
لزوره
مینودشت
نوده
سلطان آباد
قازانقایه
مراوه تپه
پرباران
کم باران
تکرار
دوره (ماه)
۱۰۰۰
۱۰۰
۱۰
۱
۱
۱۰

ادامهٔ شکل ۲

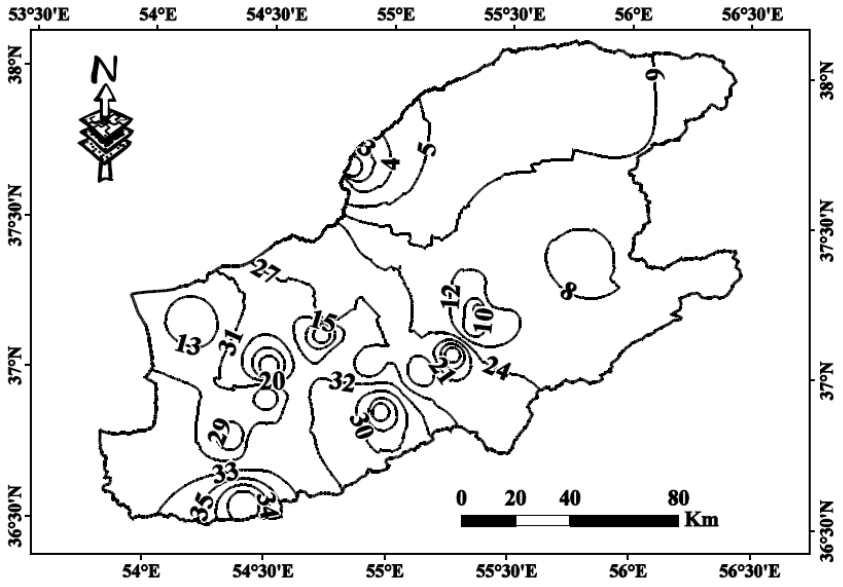


ادامهٔ شکل ۲

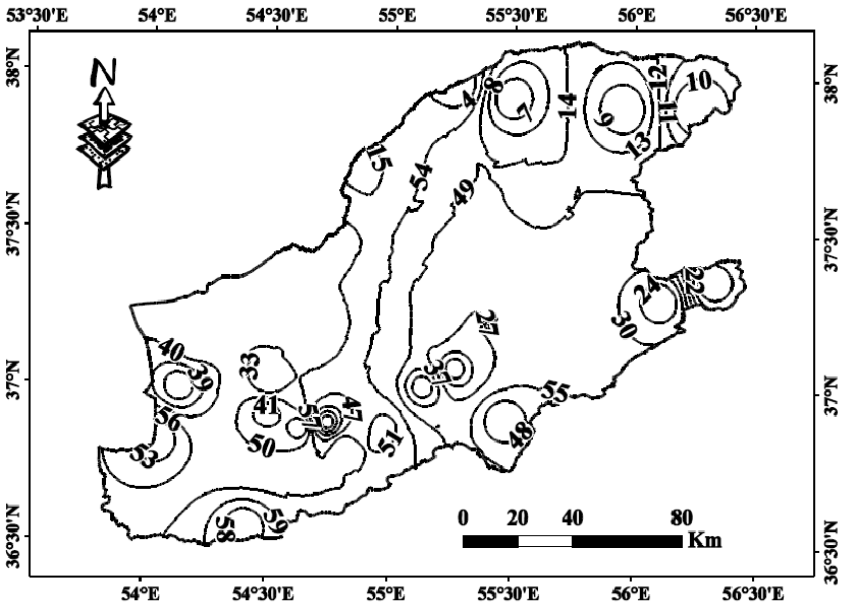
نزدیک یا موازی بودن خطوط مستقیم برای دوره‌های پرباران و کم باران نشان‌دهندهٔ نبود تغییرات زمانی در وقوع بارش است. به‌بیانی در مناطق یادشده، منطقه از نظر وقوع بارش شرایط باثبات دارد. بر این اساس در ایستگاه‌های آرازکوسه، تقی‌آباد، رامیان، سد گرگان، گالیکش و شاه‌کوه تغییرات زمانی بارش اندک است و سایر ایستگاه‌ها رفتاری متفاوت دارند. همچنین در صورتی که شیب خطوط مستقیم برابر و خطوط به هم نزدیک باشند، شرایط غالب، شرایط نیمه‌مرطوب خواهد بود. در روش آنالیز توانی، شیب بیشتر خطوط مستقیم مشخص‌کنندهٔ شدت دوره‌های پرباران و کم‌باران است. براساس مقادیر شیب خطوط مستقیم دوره‌های پرباران، وقوع دوره‌های مرطوب در ایستگاه‌های فاضل‌آباد، گالیکش، قازانقایه، لزوره، مینودشت و رامیان (با مقادیر شیب خطوط بیش از

۰/۴۵-) شدت بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارد. این در حالی است که مقادیر شیب خطوط مستقیم دوره‌های کم‌باران، نشان‌دهندهٔ شدت بیشتر خشکی در ایستگاه‌های قلی‌تپه، لزوره، مینودشت، رامیان، تیل‌آباد و ترشکلی (با مقادیر شیب خطوط بیش از ۰/۴۵-) است. ممکن است که نقاط مربوط به تعداد وقوع در بازه‌های مختلف زمانی دقیقاً روی خطوط مستقیم قرار نگیرند که می‌تواند ناشی از کوتاه‌بودن طول دورهٔ آماری و یا تغییرات داده‌های ثبت‌شده باشد.

نقشهٔ تکرار وقوع دوره‌های ۳ و ۶ ماهه در سطح منطقهٔ مطالعه‌شده برای دو دورهٔ پرباران و کم‌باران در شکل‌های ۳ تا ۶ ارائه شده است.

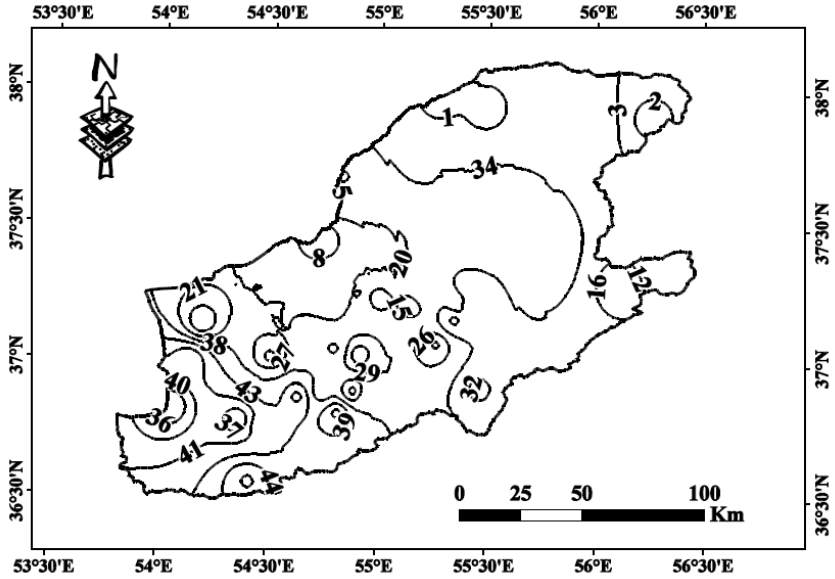


شکل ۳. تکرار وقوع دوره‌های ۳ ماهه در دورهٔ پرباران در استان گلستان

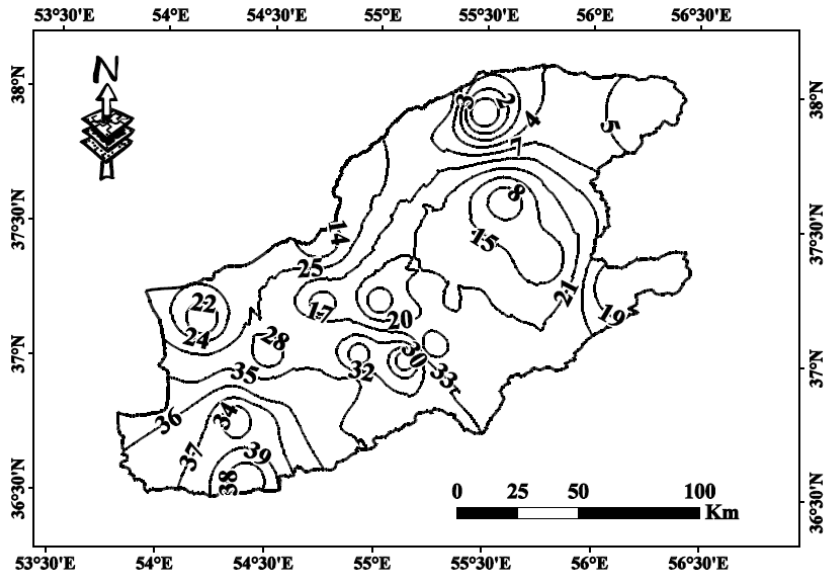


شکل ۴. تکرار وقوع دوره‌های ۶ ماهه در دورهٔ پرباران در استان گلستان

شایان ذکر است که براساس نتایج پژوهش حاضر، می‌توان دریافت که تکرار وقوع دوره‌های پرباران در ایستگاه‌های واقع در مناطق کوهستانی و نیز جنوب استان بیشتر است که در این خصوص می‌توان به تأثیر افزایش بارندگی با افزایش ارتفاع و نیز وقوع بارش‌های کوهستانی اشاره کرد.



شکل ۵. تکرار وقوع دوره‌های ۳ ماهه در دورهٔ کم‌باران در استان گلستان



شکل ۶. تکرار وقوع دوره‌های ۶ ماهه در دورهٔ کم‌باران در استان گلستان

براساس اطلاعات مندرج در شکل‌های ۳تا ۶ و تحلیل تعداد وقوع دوره‌های پرباران و کم‌باران در مقیاس‌های زمانی مختلف مشخص می‌شود که درمجموع در دوره‌های یک‌ماهه، تعداد وقوع دوره‌های کم‌باران از پرباران در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر است. این در حالی است که در دوره‌های دوماههٔ متوالی، تعداد وقوع دوره‌های پرباران تقریباً در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر از دوره‌های کم‌باران است. با دقت بیشتر در جدول ۲ می‌توان دریافت که در دوره‌های سه‌ماههٔ متوالی و طولانی‌تر، تعداد وقوع دوره‌های کم‌باران، در ایستگاه‌های آق‌قلا، بهلکه‌داشلی، پس‌پشته، پیش‌کمر،

مینودشت، چات، اینچه‌برون، داشلی‌برون، ترشکلی و قلعه‌جیق بیشتر از دوره‌های پرباران است که نشان‌دهندهٔ استیلای بیشتر شرایط خشکی (کم‌باران) در ایستگاه‌های مطالعه‌شده است.

وقوع طولانی‌ترین دورهٔ کم‌باران (۹ ماه) در ایستگاه‌های تمر و مینودشت به‌ترتیب با ۶ و ۵ بار تکرار اتفاق افتاده است. این در حالی است که وقوع طولانی‌ترین دورهٔ پرباران (۹ ماه) تنها در ایستگاه بهلکه‌داشلی دو تکرار داشته است و در تعداد معدودی از سایر ایستگاه‌ها به تعداد یک تکرار رخ داده است.

بحث و نتیجه‌گیری

تحلیل دوره‌های پرباران و کم‌باران در مقیاس ماهانه، اطلاعات مناسبی را درخصوص برنامه‌ریزی برای فعالیت‌های کشاورزی، آبیاری و پروژه‌های هیدرولوژیک فراهم می‌کند. در این پژوهش رفتار دوره‌های پرباران و کم‌باران در ۴۰ ایستگاه واقع در استان گلستان به‌وسیلهٔ روش آنالیز توانی ارزیابی شده است. تغییرات دوره‌های متفاوت زمانی به ازای تعداد وقوع آن‌ها روی پلات‌های لگاریتمی دوگانه رسم شد. با استفاده از این نمایش گرافیکی، ترکیب متغیرهای مختلف برای تحلیل رفتار آن‌ها در یک فضای دوبعدی فراهم شده است [۲۶]. در ادامه تفسیر اقلیمی هر یک از شکل‌های ارائه‌شده در دوره‌های پرباران و کم‌باران بحث شده است. براساس نتایج مندرج در شکل ۲، نزدیکی ابرنقاط به خط مستقیم نشان می‌دهد که دوره‌های پرباران و کم‌باران در استان گلستان یک الگوی وقوع یکنواخت دارد. شیب خطوط مستقیم روی پلات لگاریتمی دوگانه نشان می‌دهد که دوره‌های بارشی در استان با تغییرات کمتری رخ می‌دهند. همچنین خطوط نزدیک یا موازی بدون تقاطع دو دورهٔ مختلف بیانگر نبود تغییرات قابل ملاحظه زمانی بوده و شرایط غالب، شرایط نیمه‌مرطوب خواهد بود. درمجموع ایستگاه‌های تقی‌آباد، رامیان، فاضل‌آباد و گالیکش در منطقهٔ نسبتاً پرباران قرار گرفته‌اند، ولی در سایر ایستگاه‌ها وضعیت کم‌باران غالب است. براساس تحلیل تعداد وقوع دوره‌های پرباران و کم‌باران در مقیاس‌های زمانی مختلف، تعداد وقوع دوره‌های کم‌باران از پرباران در تمامی ایستگاه‌ها بیشتر است و در دوره‌های سه‌ماههٔ متوالی و طولانی‌تر، تعداد وقوع دوره‌های کم‌باران در ایستگاه‌های واقع در شمال و شمال‌غرب استان گلستان، بیشتر از دوره‌های پرباران است که بیانگر غالبیت بیشتر شرایط خشکی (کم‌باران) در این مناطق است که با نتایج عساکره و مازینی [۳] در یک راستاست. شایان ذکر است که مساعدی و همکارانش [۷] نیز در تحلیل گسترهٔ خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص SPI به این نتیجه رسیدند که مناطق شمالی و نوار ساحلی دریای خزر که در وضعیت اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار دارند، دارای خشکسالی شدید هستند که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می‌کند. همچنین با نتایج آناگنوستوپولو و همکارانش [۱۴] مبنی بر تشخیص مناطق تمرکز خشکی براساس طول دورهٔ پرباران و کم‌باران در مناطق مختلف همخوانی دارد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج بازوهایر و همکارانش [۱۵] به‌دلیل تفاوت اقلیمی مناطق مطالعه‌شده یکسان نیست. درمجموع نتایج پژوهش حاضر تنوع و فراوانی وقوع دوره‌های کم‌باران در استان گلستان به‌دلیل تفاوت شرایط آب و هوایی و توپوگرافی را تأیید می‌کند. شایان ذکر است که روش آنالیز توانی قابلیت استخراج الگوی زمانی و مکانی شدت و تداوم بارش ماهانه در ایستگاه‌های مختلف را داراست که با نتایج میشرا و همکارانش [۲۲] در یک راستاست. درمجموع ایستگاه‌های واقع در مرکز استان رژیم رطوبتی باثبات‌تری نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارند.

منابع

[۱]. آزادی، سارا؛ سلطانی، سعید، ۱۳۹۳، «واسنجی و پهنه‌بندی ضرایب اقلیمی شاخص پالمر به‌منظور مدیریت ریسک خشکسالی در اکوسیستم‌های طبیعی (تالاب‌ها) ایران»، *اکوهیدرولوژی*، دورهٔ ۱، ش ۱، صص. ۳۵-۴۶

[۲]. خلیقی سیگارودی، شهرام؛ صادقی سنگدهی، سیدعلی؛ اوسطی، خالد؛ قویدل رحیمی، یوسف، ۱۳۸۸، «بررسی نمایه‌های ارزیابی پدیده‌های ترسالی و خشکسالی: SPI، PNPI، Nitzche (مطالعهٔ موردی، استان مازندران)»، فصلنامهٔ *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، سال شانزدهم، ش ۱ (پیاپی ۳۴)، صص. ۴۴-۵۴

[۳]. عساکره، حسین؛ مازینی، فرشته، ۱۳۸۹، «بررسی احتمال وقوع روزهای خشک در استان گلستان با استفاده از مدل زنجیرهٔ مارکوف»، فصلنامهٔ *جغرافیا و توسعه*، ش ۱۷، صص. ۲۹-۴۴

[۴]. عصری، اسرا؛ فاخری‌فرد، احمد؛ زینالی، علی؛ اسدی، اسماعیل، ۱۳۹۴، «بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی-هیدرولوژیکی بر تراز سطح ایستابی دشت عجب‌شیر»، *اکوهیدرولوژی*، دورهٔ ۲، ش ۲، صص ۱۹۱-۲۰۰

[۵]. گودرزی، مسعود؛ صلاحی، برومند؛ حسینی، سیداسعد، ۱۳۹۴، «بررسی تأثیر تغییرات اقلیمی بر تغییرات رواناب سطحی (مطالعهٔ موردی: حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه)»، *اکوهیدرولوژی*، دورهٔ ۲، ش ۲، صص. ۱۷۵-۱۸۹

[۶].محمدلو، محمد؛ حقی‌زاده، علی؛ زینی‌وند، حسین؛ طهماسبی‌پور، ناصر، ۱۳۹۳، «ارزیابی آثار تغییر اقلیم بر روند تغییرات رواناب حوضهٔ آبخیز باراندوزچای در استان آذربایجان غربی با استفاده از مدل‌های چرخش عمومی جو»، *اکوهیدرولوژی*، دورهٔ ۱، ش ۱، صص. ۲۵-۳۴

[۷].مساعدی، ابوالفضل؛ خلیلی‌زاده، مجتبی؛ محمدی‌استادکلایه، امین، ۱۳۸۷، «پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان»، مجلهٔ *علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان*، ج پانزدهم، ش دوم، صص. ۱۷۶-۱۸۳

[۸]. مصطفی‌زاده، رئوف؛ شهابی، معصومه؛ ذبیحی، محسن، ۱۳۹۴، «تحلیل خشکسالی هواشناسی در استان کردستان با استفاده از مدل نمودار سه‌متغیره»، مجلهٔ *آمایش جغرافیایی فضا*، ج هفدهم، صص. ۱۲۹-۱۴۰

[۹]. منتظری، مجید؛ غیور، حسنعلی، ۱۳۸۸، «تحلیل مقایسه‌ای بارش و خشکسالی حوضهٔ خزر»، فصلنامهٔ *جغرافیا و توسعه*، ش ۱۶، صص. ۷۱-۹۲

[۱۰]. نگارش، حسین؛ خسروی، محمود؛ شاه‌حسینی، منصوره؛ محمودی، پیمان، ۱۳۸۹، «مطالعهٔ خشکسالی‌های کوتاه‌مدت شهرستان زاهدان»، *جغرافیا و توسعه*، ش ۱۸، صص. ۱۰۹-۱۳۴

[۱۱]. یوسفی، حسین؛ نوحه‌گر، احمد؛ خسروی، زهرا؛ عزیزآبادی فراهانی، مسعوده، ۱۳۹۴، «مدیریت و پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص‌های SPI و RDI (مطالعهٔ موردی: استان مرکزی)»، *اکوهیدرولوژی*، دورهٔ ۱، ش ۳، صص. ۳۳۷-۳۴۴

[۱۲]. یوسفی، نصرت‌الله؛ حجام، سهراب؛ ایران‌نژاد، پرویز، ۱۳۸۶، «برآورد احتمالات خشکسالی و ترسالی با استفاده از زنجیرهٔ مارکوف و توزیع نرمال (مطالعهٔ موردی: استان قزوین)»، فصلنامهٔ *پژوهش‌های جغرافیایی*، سال سی ونهم، ش ۶۰، صص. ۱۲۱-۱۲۸

[13]. Alyamani, Mahmoud Said. and Sen, Zekai, 1997, Spatiotemporal dry and wet spell duration distributions in Southwestern Saudi Arabia. Journal of Theoretical and Applied Climatology, vol 57, pp165-179

[14]. Anagnostopoulou, Christina. Maheras, Panagiotis, Karacostas, Theodore, and Vafiadis, Marios, 2003, Spatial and temporal analysis of dry spells in Greece, Journal of Theoretical and Applied Climatology, vol 57, pp165-179

[15]. Bazuhair, Abdulghaffar Said.Al-Gohani, Abdulkhaliq, and Sen, Zekai, 1997, Determination of monthly wet and dry periods in Saudi Arabia, International Journal of Climatology, vol 17, pp303–311

[16]. Bordi, Isabella. Fraedrich, Klaus, Jiang, Jianmin, and Sutera, Alfonso, 2004, Spatio-temporal variability of dry and wet periods in eastern China, Journal of Theoretical and Applied Climatology, vol 79(1-2), pp81-91

[17]. Bordi, Isabella. Fraedrich, Klaus, Petitta, Marcello, and Sutera, Alfonso, 2007, Extreme value analysis of wet and dry periods in Sicily, Journal of Theoretical and Applied Climatology, vol 87, pp61–71

[18]. Cindric, Ksenija. Pasaric, Zoran, and Gajic-Capka, Marjana, 2010, Spatial and temporal analysis of dry spells in Croatia. Theoretical and Applied Climatology. Vol 102(1-2), pp171-184

[19]. Dai, Aiguo, Drought under global warming: a review, 2010, John Wiley & Sons, pp1-21

[20]. Kadioghlu, Mikdat. and Sen, Zekai, 1998, Power-law relationship in describing temporal and spatial precipitation pattern in Turkey, Journal of Theoretical and Applied Climatology, vol 59, pp93-106

[21]. Mishra, Ashok. and Singh, Vijay P, 2010, A review of drought concepts, Journal of Hydrology, vol 391, pp202–216

[22]. Mishra, Ashok. Ozger, Mehmet, and Singh, Vijay P, 2010, Wet and dry spell analysis of Global Climate Model-generated precipitation using power laws and wavelet transforms,Journal of Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, vol 25(4), pp517-535

[23]. Otun, Johnson A, 2010, Using precipitation effectiveness variables in indexing drought in semi-arid regions, African Journal of Agricultural Research, vol 5(14), pp1784-1793

[24]. Sen, Zekai, 2008. Wadi Hydrology. CRC Press, Taylor and Francis Group, p 347

[25]. Sharma, Tribeni C, 1999, Simulation of the Kenyan longest dry and wet spells and the largest rain-sums using a Markov model, Journal of Hydrology, vol 178, pp55-67

[26]. Sirdas, Sevinc. and Sen, Zekai, 2003, Spatio-temporal drought analysis in the Trakya region, Hydrological Sciences–Journal–des Sciences Hydrologiques, vol 48(5), pp809-820

[27]. Sushama, Laxmi. Khaliq, Naveed, and Laprise, Rene, 2010., Dry spell characteristics over Canada in a changing climate as simulated by the Canadian RCM, Global and Planetary Change, vol 74(1), pp1-14

[28]. Tomros, Tobias. and Menzel, Lucas, 2014, Addressing drought conditions under current and future climates in the Jordan River region, Hydrology and Earth System Sciences, vol 18, pp305-318