نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹
صفحات ۱۸۷ – ۲۰۴

تغییرات مکانی و زمانی الگوی وقوع بارش با استفاده از شاخص‌های PCI و SI در استان گلستان

حمیده روشنی؛ کارشناسی ارشد مرتع و آبخیزداری ،گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی ، اردبیل، ایران.

رئوف مصطفی زاده[1]؛ دانشیار مرتع و آبخیزداری ، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی ، اردبیل، ایران.

اباذر اسمعلی عوری؛ دانشیار مرتع و آبخیزداری، گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی ، اردبیل، ایران.

محسن ذبیحی؛ دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

دریافت مقاله :۱۳۹۹/۰۴/۱۶ پذیرش نهایی:۱۳۹۹/۰۶/۰۳

چکیده

تأثیر تغییر الگوهای زمانی و مکانی بارش بر خطر سیلاب/خشکسالی و منابع آب قابل دسترس به‌عنوان مساله‌ای غیرقابل انکار در مدیریت منابع آب مطرح است. شاخص‌های تمرکز بارش و فصلی بودن بارش از جمله از شاخص‌های تبیین پراکندگی بارندگی در یک منطقه است که می‌تواند منجر شناسایی الگوی توزیع بارش و مدیریت پیش از وقوع خطرات طبیعی گردد. بدین منظور، پژوهش حاضر با هدف بررسی وضعیت توزیعی زمانی و مکانی و روند تغییرات شاخص‌های تمرکز و فصلی بودن بارش در ۴۱ ایستگاه باران‌سنجی استان گلستان با طول دوره آماری ۳۸ ساله در مقیاس‌های زمانی سالانه، فصلی، دوره خشک و دوره مرطوب برنامه‌ریزی شده است. براساس نتایج، میانگین شاخص تمرکز بارش در منطقه مطالعاتی گلستان در مقیاس‌های سالانه، بهار، تابستان، پاییز، زمستان، دوره خشک و دوره مرطوب به‌ترتیب برابر ۱۳/۱۵، ۱۱/۹۶، ۱۳/۱۵، ۱۰/۷۲، ۹/۹۶، ۱۴/۷۲ و ۱۰/۷۲ محاسبه شد. هم‌چنین، ایستگاه چات با مقدار ۰/۷۹ (توزیع فصلی با یک فصل خشک و یک فصل مرطوب) و ایستگاه شصت‌کلاته با مقدار ۰/۴۷ (توزیع عمدتاً فصلی با یک فصل خشک کوتاه) به‌ترتیب بیشینه و کمینه مقدار شاخص فصلی بودن در استان گلستان را به‌خود اختصاص می‌دهند. علاوه بر این، ۲۷ و ۱۴ ایستگاه به‌ترتیب دارای روند تغییرات افزایشی (معنی‌دار و غیرمعنی‌دار) و کاهشی (معنی‌دار و غیرمعنی‌دار) برای شاخص‌های PCI و SI هستند. عدم پیروی بارش در استان گلستان از الگوی زمانی و مکانی واحد از دیگر دستاوردهای پژوهش حاضر است. یافته‌های مطالعه حاضر می‌تواند به‌عنوان یک راهنما در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گزاری‌های مرتبط با منابع آب در منطقه مطالعاتی پژوهش مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: پراکندگی باران، توزیع مکانی، شاخص فصلی بودن، مدیریت منابع آب، مقیاس‌های زمانی

[1] . نویسنده مسئول: Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

مقدمه

تغییر اقلیم به‌عنوان یک مشکل زیست‌محیطی مهم در سطح دنیا مطرح است (Ezenwaji et al, ۲۰۱۷). بارندگی به‌عنوان یکی از عناصر مهم اقلیمی و هیدرولوژیکی از اهمیت ویژه‌ای در مدیریت منابع آب و خاک برخوردار است که به‌طور مستقیم بر دسترسی به منابع آب تأثیر می‌گذارد (De Luis et al, ۲۰۱۱). کشور ایران علاوه بر کمبود بارش، رژیم بارندگی پر نوسانی را به‌سبب موقعیت آن در عرض جغرافیایی فعلی و همجواری با پرفشار جنب‌حاره دارد. بارش‌های کوتاه‌مدت، وقوع رگبارهای شدید و ناگهانی و هم‌چنین اندک نوسان‌های شدید بارش سالانه از جمله ویژگی‌های بارز رژیم‌های بارندگی در ایران محسوب می‌شوند (بابایی‌فینی و فرجزاده، ۱۳۸۱). توزیع نامناسب بارندگی ناشی از افزایش پراکندگی بارش منجر به تغییر رطوبت و دما و هم‌چنین وقوع پدیده‌های خشکسالی و سیل در مناطق مختلف شده است (Trenberth, ۱۹۹۸). در همین ارتباط، طراحی مدل‌های هیدرولوژیکی، مدیریت بهتر بلایا، حفظ منابع آب و خاک، سازگاری با کمبود آب و طراحی سیستم‌های نوین آبیاری به‌سبب توزیع نامتعادل بارش و در نتیجه کاهش عملکرد محصولات زراعی از طریق کاهش ذخیره رطوبت موجود را می‌توان از جمله دلایل توجه پژوهش‌گران به موضوعات مرتبط با مدیریت منابع آب برشمرد (Scholz et al, ۲۰۰۸). از طرفی، بارندگی به‌عنوان یکی از عوامل موثر بر عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی در درک پاسخ‌های چرخه هیدرولوژیکی به تغییر اقلیم و متعاقباً تأثیر بر دسترسی به منابع آب در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی مؤثر است (Zamani et al, ۲۰۱۸). بر همین اساس، بررسی و درک تغییرات زمانی و مکانی بارش می‌تواند منجر به سیاست‌گزاری‌های صحیح مدیریتی در بخش منابع آب و خاک توسط برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران شود.

بررسی توزیع مکانی و زمانی بارندگی با استفاده از روش‌های متعددی امکان‌پذیر است. شاخص‌های تمرکز و فصلی بودن بارش از جمله روش‌های مطالعه و بررسی پراکندگی بارندگی است که به توزیع الگوهای بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی بستگی دارد (Oliver, ۱۹۸۰؛ Walsh and Lawer,۱۹۸۱) و تصویر مناسبی از تغییرات مکانی بارش ماهانه را ارائه می‌دهد (Coscarelli and Caloiero, ۲۰۱۲). لحاظ تغییرپذیری طولانی‌مدت بارندگی از جمله مزایای شاخص‌های تمرکز و فصلی بودن بارش است (Apaydin et al, ۲۰۰۶). در همین ارتباط، تمرکز بارش به‌عنوان یک پارامتر مهم در توصیف شرایط آب و هوایی یک مکان یا منطقه خاص می‌تواند سایر متغیرهای متداول از جمله بارش سالانه و شاخص فصلی بودن را تکمیل نماید (Serrano-Notivoli et al, ۲۰۱۳). بیشینه تمرکز و فصلی بودن بارش نشان‌دهنده وقوع بارش در تعداد اندکی از روزهای سال است که پتانسیل وقوع پدیده‌های خشکسالی و سیلاب را افزایش می‌دهد. تأثیر قابل توجه این امر بر منابع آب با افزایش شدید مصرف منتج از رشد جمعیت، رشد بی‌سابقه استانداردهای زندگی و نیز توسعه اقتصادی وخیم‌تر شده است (Singh, ۱۹۸۰) بر همین اساس و با توجه به کاهش تعداد روزهای بارندگی در مناطق مختلف، آگاهی از وضعیت تمرکز بارش در نقاط مختلف می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مناسب در ارائه راهکارهای مدیریتی منابع آب کمک نماید. در نهایت این امر سبب افزایش تدابیر حفاظتی در عرصه‌های طبیعی و حوزه‌های آبخیز به‌منظور حفظ منابع آب و خاک خواهد شد (Vali et al, ۲۰۱۳). در همین راستا، پژوهش‌های مختلفی در خصوص بررسی تغییرات مکانی و زمانی مؤلفه‌های بارش در نقاط مختلف دنیا صورت گرفته است. در این راستا، جهانبخش‌اصل و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با هدف بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش در شهرستان تبریز طی دوره آماری ۱۰ ساله (۱۳۸۸-۱۳۷۸) به این نتیجه رسیدند که شهرستان تبریز از لحاظ بارش به سه گروه مجزای بارش کم، متوسط و زیاد قابل تفکیک است. خلیلی و همکاران (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای شاخص تمرکز بارش PCI با استفاده از داده‌های بارش ماهانه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

۳۴ ایستگاه سینوپتیک طی دوره‌ی آماری ۲۰۱۰-۱۹۶۱ محاسبه و روند تغییرات آن در دو مقیاس سالانه و فصلی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که پراکندگی بارندگی در دو زیر بازه ۲۵ ساله از الگوی یکسانی پیروی می‌کند. هم‌چنین براساس یافته‌های به‌دست آمده، شاخص PCI در مناطق مرکزی و جنوبی کشور نشان‌دهنده وجود بی‌نظمی زیاد و پراکندگی بالا در ریزش‌های جوی بوده و در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه تمرکز یکنواخت (PCI کم‌تر از ۱۰) در مقیاس سالانه مشاهده نشد. قبله و همکاران (۱۳۹۴) توزیع زمانی و مکانی بارش در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه را با استفاده از داده‌های ماهانه ۲۸ ایستگاه سینوپتیک طی دوره آماری ۱۰ ساله (۱۳۹۳-۱۳۸۴) در دو مقیاس فصلی و سالانه را مطالعه نمودند. عدم تشابه رخداد بارش در بخش‌های مختلف آبخیز دریاچه ارومیه از یافته‌های پژوهش ایشان بود. بر همین اساس بیش‌ترین مقدار بارندگی در شمال و جنوب حوضه به‌وقوع پیوسته است که حدود ۳۴ درصد از منطقه مطالعاتی را تحت پوشش قرار می‌دهد. مطالعه شاخص PCI در دوره آماری ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۲ توسط شاه‌حسینی و همکاران (۱۳۹۶) در استان آذربایجان غربی نشان داد که ۷۹، ۲۰ و یک درصد ایستگاه‌های مطالعاتی به‌ترتیب توزیع‌های نسبتاً فصلی، فصلی و کاملاً فصلی را دارند. اسلامی (۱۳۹۷) در بررسی شاخص تمرکز بارش و فرسایندگی باران در استان خوزستان به فصلی شدید بودن بارندگی در منطقه مطالعاتی پی بردند. بیشینه و کمینه مقادیر شاخص مذکور به‌ترتیب در جنوب و شمال استان خوزستان به‌دست آمد. مصطفی‌زاده و مهری (۱۳۹۷) به تعیین وضعیت فصلی بودن بارش در بخش مرکزی استان اردبیل پرداختند و به این نتیجه دست یافتند که بخش عمده محدوده مطالعاتی در وضعیت عمدتاً فصلی با یک فصل خشک کوتاه و یکنواخت با یک فصل مرطوب می‌باشد. داده و همکاران (۱۳۹۹) در بررسی فصلی بودن بارش در استان اردبیل با استفاده از روش Markham نشان دادند که بیش‌ترین مقدار شاخص مذکور در ایستگاه سرعین ایستگاه‌های سرعین و و کم‌ترین آن در ایستگاه‌های سنین و شمشیرخانی به‌وقوع پیوسته است.

گونزالز-هیدالگو و همکاران (Gonzalez-Hidalgo et al, ۲۰۰۱) در بررسی توزیع مکانی بارندگی فصلی غرب مدیترانه با استفاده از داده‌های ۹۷ ایستگاه باران‌سنجی طی دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ از تکنیک‌های غیرپارامتری (آزمون اسپیرمن) و پارامتری (مدل خطی) استفاده کردند. کاهش میزان بارندگی فصل زمستان و خشکی قابل توجه در فصل پاییز از نتایج پژوهش ایشان بود. مارتین-وید (Martin-Vide, ۲۰۰۴) شاخص PCI را در مقیاس روزانه در شبه‌جزیره اسپانیا بررسی نمود. براساس نتایج ایشان، بخش شرقی اسپانیا با داشتن ۲۵ درصد روزهای بارانی و وقوع ۷۰ درصد بارش سالانه دارای بالاترین مقادیر شاخص تمرکز بارش هستند و در بقیه مناطق، وقوع بارش منظم است. دانگ (۲۰۰۶ ,Dong) در پژوهشی امکان وجود همبستگی بین بارش شدید و وقوع خطر سیل در حوزه رودخانه Pearl کشور چین را تشریح کرد و اثرات زیاد بارش شدید بر توزیع زمانی و مکانی سیلاب را نشان داد. ایشان نتیجه گرفت که تغییرات شدید بارش با تغییرپذیری تمرکز بارش نشان داده می‌شود و می‌توان روند تمرکز بارش در سراسر حوزه رودخانه را تعیین نمود. علیجانی و همکاران (۲۰۰۸) شدت بارندگی‌های ایران در ۹۰ ایستگاه سینوپتیک را مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که پراکندگی بارش در کل کشور نامنظم بوده و ایستگاه‌های حاشیه دریای خزر، کوه‌های زاگرس و شمال غرب کشور بیش‌ترین سهم بارندگی را داشته و در معرض بارندگی‌های شدید قرار دارند. لی و همکاران (Li et al, ۲۰۱۲) مقادیر PCI برای حوضه رودخانهKaidu در جنوب Xinjang را مورد مطالعه قرار داده و مناطقی با بالاترین مقادیر PCI را برآورد کردند. آدگون و همکاران (Adegun et al, ۲۰۱۲) شاخص تمرکز بارش در مناطق Owerri و Enugu کشور نیجریه طی دوره آماری ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۱ را در مقیاس‌های سالانه و فصلی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش ایشان برای

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

منطقه Owerri نشان داد که ۸۷ درصد از سال‌های با مقادیر PCI سالانه در طبقه متوسط جای گرفته است، درحالی که این مقدار برای منطقه Enugu برابر با ۷۱ درصد برآورد شده است. گاتاکورتا و ساجی (Guhathakurta and Saji, ۲۰۱۳) به تعیین تغییرات در الگوی بارندگی و نیز شاخص فصلی بودن در Maharashtra هند پرداختند. نتایج نشان داد که تغییرات بلندمدت بارندگی ماهانه در مقیاس حوزه معنی‌دار بوده است. نتایج هم‌چنین نشان داد که منطقه Maharashtra تحت‌تأثیر رژیم‌های مختلف بارندگی بوده و با کمبود آب در اکثر سال‌ها مواجه است. والی و همکاران (Vali et al, ۲۰۱۳) در بخشی از مطالعه خود، برای نشـان دادن الگوی بارندگی در ایالت Pradesh Andhra هندوستان برای بازه زمانی ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۰ در دو مقیاس سالانه و فصلی از شاخص تمرکز بارش استفاده کردند. یافته‌ها نشان‌دهنده وجود یک توزیع نامنظم بارندگی (بـا محدوده مقادیر ۱۶ تا ۳۵) در این منطقه است. ایزناجی و همکاران (Ezenwaji et al, ۲۰۱۷) به‌منظور ارزیابی تمرکز و تغییرپذیری بارندگی در یک دوره زمانی ۳۸ ساله (۲۰۱۳-۱۹۷۶) در نیجریه از شاخص PCI استفاده کردند. مقدار شاخص PCI در بیش‌تر ماه‌ها، بیش از ۱۶/۷ بود که نشان می‌دهد تقریبا ۹۰ درصد بارندگی در ۶ ماه رخ داده است. دیوان و همکاران (۲۰۱۹) در ارزیابی الگوی زمانی-مکانی فصلی بودن بارندگی در بنگلادش به این نتیجه رسیدند که میانگین شاخص فصلی بودن برابر از ۰/۷۹ تا ۱/۰۱ متغیر است. روند تغییرات افزایشی شاخص SI در کشور بنگلادش نیز از دیگر نتایج ایشان است. ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) با ارزیابی تاثیر عوامل ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی بر شاخص تمرکز بارش در چین طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۶ به پیچیدگی و امکان ارتباط شاخص مذکور با خصوصیات اتمسفریک جهانی و هم‌چنین عوامل جغرافیایی پی بردند.

تغییرپذیری زمانی و مکانی بارندگی یکی از عوامل تعیین‌کننده برای مدیریت منابع آب، تولیدات کشاورزی، خطر خشکسالی، کنترل سیل و فهم اثر تغییر اقلیم است (Huang et al, ۲۰۱۳؛ Zamani et al, ۲۰۱۷) بر همین اساس و با توجه به پیشینه پژوهش ارائه شده می‌توان گفت آگاهی از وضعیت تغییرات زمانی و مکانی تمرکز بارش به‌عنوان یک مؤلفه مهم برای مدیریت منابع آب و خاک هر منطقه‌ای به‌شمار می‌رود. در همین ارتباط و نظر به وضعیت منابع آبی در کشور ایران، لزوم بررسی کلیه جوانب مدیریتی منابع آب بیش از پیش احساس می‌گردد. در همین راستا سعی بر آن است تا در پژوهش حاضر تغییرات زمانی و مکانی بارش با استفاده از شاخص‌های PCI در مقیاس‌های سالانه، فصلی و دوره‌های خشک و مرطوب و شاخص SI در مقیاس سالانه در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان گلستان به‌عنوان یکی از قطب‌های کشاورزی ایران طی دوره مطالعاتی ۳۸ ساله (۱۳۹۱-۱۳۵۳) به‌منظور ترسیم تصویری واضح از تغییرات رفتاری بارش در منطقه مورد مطالعه بررسی گردد.

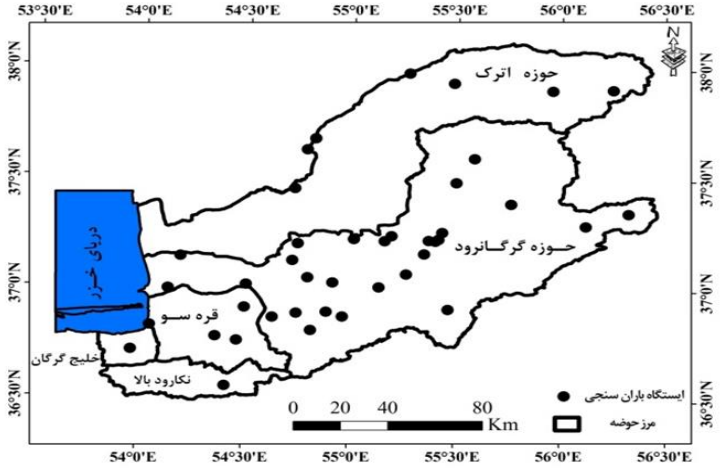
مواد وروش

الف) منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با مساحتی حدود ۲۰۴۳۸ کیلومترمربع در شمال شرق کشور و در محدوده جغرافیایی ´۵۰ °۵۳ تا ´۱۸ °۵۶ طول شرقی و ´۲۵ °۳۶ تا ´۰۸ °۳۸ عرض شمالی به‌عنوان منطقه مطالعاتی پژوهش حاضر انتخاب شد. منطقه مورد مطالعه از نظر گستردگی، تنوع توپوگرافی، نوع کاربری‌های اراضی دارای ناهمگنی بالایی است که خصوصیات و وقوع زمانی و مکانی دوره‌های خشک و مرطوب را متأثر می‌سازد. میزان بارندگی متوسط سالانه از حدود۱۵۰ تا ۷۵۰ میلی‌متر متغیر است. استان گلستان در طبقه‌بندی دومارتن دارای اقلیم‌هایی متفاوتی می‌باشد که نوار شمالی استان دارای اقلیم خشک و نوار پایین‌تر آن دارای اقلیم نیمه‌خشک می‌باشد. همچنین دو ناحیه بسیار مرطوب در داخل نواحی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

مرطوب و پنج ناحیه مرطوب در داخل نواحی نیمه مرطوب قرار دارد (مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶). موقعیت منطقه مطالعاتی در شکل (۱) نشان داده شده است.



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

ب) روش تحقیق

به‌منظور انجام پژوهش حاضر، داده‌های بارندگی کلیه ایستگاه‌های باران‌سنجی از سازمان آب منطقه‌ای استان گلستان اخذ و پس از بررسی صحت و درستی داده‌ها با استفاده از آزمون‌های معمول آماری، دوره مشترک آماری ۳۸ ساله از سال ۱۳۵۳ تا ۱۳۹۱ در ۴۱ ایستگاه باران‌سنجی و مندرج در جدول (۱) جهت انجام تحلیل‌ها و بررسی‌های تکمیلی انتخاب شد.

جدول ۱. خصوصیات ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد پژوهش در استان گلستان

نام ایستگاه	ارتفاع	بارندگی سالانه (میلی‌متر)	نام ایستگاه	ارتفاع	بارندگی سالانه (میلی‌متر)	نام ایستگاه	ارتفاع	بارندگی سالانه (میلی‌متر)
ارازکوسه	۳۴/۵	۴۴۶/۳	داشلی برون	۲۴	۱۸۲/۷	قلی‌تپه	۲۵۰	۸۲۸/۴
اینچه‌برون	۱۰	۲۱۹/۲	رامیان	۲۰۰	۸۵۸/۳	قلعه‌جیق	-۲۰	۳۴۹/۸
آق‌قلا	-۱۲	۴۲۴/۷	رباط قره‌بیل	۲۴۵۰	۲۰۸/۹	کبودوال	۲۸۰	۵۹۰/۹
باغ سالیان	۲۰	۳۴۳/۵	زرین‌گل	۲۸۰	۸۰۳/۷	گالیکش	۲۵۰	۷۵۲/۳
بهلکه داشلی	۲۴	۴۲۹/۱	سد گرگان	۱۲	۳۳۶/۵	گنبد	۳۶	۴۲۱/۱
پس پشته	۱۸۰	۵۲۳	سرمو	۵۰۰	۷۶۲/۲	لاله باغ	۳۱	۴۳۲/۶
پیش‌کمر	۲۵۰	۵۳۳/۵	سلطان‌آباد	۱۲	۴۵۶/۴	لزوره	۱۵۵	۸۰۰/۵
ترشکلی	۲۵	۲۱۵/۹	سیاه آب	-۲۶	۵۰۹/۷	مراوه تپه	۱۹۰	۳۵۳
تقی‌آباد	۱۰۰	۵۵۷	شاهکوه	۲۵۰۰	۵۳۸/۲	مینودشت	۳۰۰	۷۵۴/۴
تمر	۱۳۲	۴۹۵/۶	شصت کلاته	۱۵۰	۷۰۲/۹	ناهار خوران	۵۰۰	۷۴۰/۶
تنگراه	۳۳۰	۷۰۰	غفار حاجی	-۲۲	۴۴۱/۸	نوده	۲۸۰	۸۱۷/۵
تیل‌آباد	۲۵۰	۲۴۱	فاضل‌آباد	۲۱۰	۶۳۰/۲	وطنا	۱۰۰	۵۶۳/۴
چات	۷۰	۱۹۳/۸	قازانقایه	۲۲۰	۲۷۹/۳	هوتن	۱۰۰	۲۷۵/۱
چشمه‌خان	۱۲۵۰	۲۳۳/۹	قزاقلی	۳۰	۳۶۰/۱	-	-	-

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

شاخص PCI: شاخص تمرکز بارش به‌عنوان شاخص قدرتمند جهت تعیین توزیع زمانی بارش در سال ۱۹۸۰ برای نمایش توزیع بارش و فرسایندگی باران ارائه شده است (Michiels et al, ۱۹۹۲). افزایش مقدار این شاخص نشان‌دهنده پراکندگی اندک و تمرکز بیش‌تر بارندگی است (Vali et al, ۲۰۱۳) که ارتباط نزدیکی با شدت بارندگی دارد (Benhamrouche et al, ۲۰۱۵). علاوه بر این، شاخص PCI بخشی از شاخص فرسایندگی فورنیه است که در تحلیل سیستم‌های طبیعی به‌منظور برآورد فرسایش خاک کاربرد دارد (De Luis et al, ۲۰۱۱). در همین ارتباط، جهت تجزیه و تحلیل توزیع بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف و ارزیابی وضعیت تمرکز بارش در ایستگاه‌های منتخب استان گلستان از روابط (۱) تا (۳) برای محاسبه شاخص PCI در مقیاس‌های سالانه، فصلی و دوره‌های خشک و مرطوب استفاده شد. شایان ذکر است که دوره‌های خشک و مرطوب با توجه به وضعیت بارندگی بلندمدت و اقلیم منطقه مطالعاتی به‌ترتیب در ماه‌های خرداد تا آبان و آذر تا اردیبهشت در نظر گرفته شد.

$$\mathrm{PCI}_{\mathrm{Annual}} = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{12} \mathrm{pi}^2}{(\sum_{i=1}^{12} \mathrm{pi})^2} \quad (۱)$$

$$\mathrm{PCI}_{\mathrm{Seasonal}} = 25 * \frac{\sum_{i=1}^{3} \mathrm{pi}^2}{(\sum_{i=1}^{3} \mathrm{pi})^2} \quad (۲)$$

$$\mathrm{PCI}_{\mathrm{Wet\ or\ Dry\ Season}} = 50 * \frac{\sum_{i=1}^{6} pi^2}{\left(\sum_{i=1}^{6} pi\right)^2} \quad (۳)$$

در روابط (۱) تا (۳)، PCI شاخص تمرکز بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی و pi مقادیر بارندگی ماه iام هستند. براساس طبقه‌بندی مقادیر منتج از روابط فوق‌الاشاره، مقادیر PCI کم‌تر از ۱۰، ۱۰ تا ۱۵، ۱۵/۰۱ تا ۲۰، و بیش‌تر از ۲۰ به‌ترتیب نشان‌دهنده توزیع بارندگی یکنواخت (تمرکز بارش کم)، متوسط، نامنظم و بسیار نامنظم (تمرکز بارش زیاد) هستند (Ezenwaji et al, ۲۰۱۷). همبستگی بین شاخص تمرکز بارش و مقدار بارش در هر یک از مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه نیز مورد بررسی قرار گرفت.

شاخص SI: شاخص فصلی بودن به‌عنوان یکی از فاکتورهای کلیدی کنترل توسعه و پایداری اکوسیستم‌های طبیعی، توزیع زمانی مؤلفه‌های هیدرولوژیکی در زمان‌های مختلف سال را اندازه‌گیری می‌کند و برای طبقه‌بندی رژیم‌های مختلف هر متغیر هیدرولوژیکی به‌کار می‌رود (Parajka et al, ۲۰۰۹؛ Kohnová et al, ۲۰۰۹). شاخص SI برای اولین بار توسط والش و لاولر (Walsh and Lawer, ۱۹۸۱) ارائه و برای کمی‌سازی وضعیت بارش مورد استفاده قرار گرفت. در همین ارتباط و به‌منظور ارزیابی و بررسی وضعیت شاخص فصلی بودن بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب استان گلستان از رابطه ۴ (Walsh and Lawer, ۱۹۸۱) استفاده شد که در آن Xn مقدار بارش ماهانه و R مقدار بارش میانگین بلندمدت سالانه در ایستگاه موردنظر هستند. طبقه‌بندی شاخص SI به‌صورت جدول (۲) است. علاوه بر موارد ذکر شده، همبستگی بین مقادیر شاخص فصلی بودن بارش و بارندگی در مقیاس زمانی سالانه انجام شد.

$$SI = \frac{1}{R} \times \sum_{n=1}^{12} \left| x_n - \frac{R}{12} \right| \quad (۴)$$

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

جدول ۲. طبقه‌بندی وضعیت توزیع بارش براساس مقادیر شاخص فصلی بودن

وضعیت توزیع بارش	مقدار شاخص SI
یکنواخت	≤۰/۱۹
یکنواخت با یک فصل مرطوب	۰/۲ – ۰/۳۹
عمدتاً فصلی با یک فصل خشک کوتاه	۰/۴ – ۰/۵۹
فصلی (یک فصل خشک و یک فصل مرطوب)	۰/۶ – ۰/۷۹
فصلی با فصل خشک طولانی‌تر	۰/۸ – ۰/۹۹
بیش‌تر بارش در ۳ ماه یا کم‌تر	۱ - ۱/۱۹
تقریباً تمامی بارش ۱ تا ۲ ماه	≥۱/۲

روند تغییرات زمانی: به‌منظور تعیین روند تغییرات زمانی شاخص‌های PCI و SI طی دوره مطالعاتی در کلیه ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب استان گلستان از آزمون من-کندال استفاده شد. آزمون من-کندال یکی از آزمون‌های ناپارامتری برای تعیین روند در سری‌های زمانی هیدرواقلیمی می‌باشد (Mann, ۱۹۴۵؛ Kendall, ۱۹۷۵؛ Panda et al, ۲۰۱۳). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. در این روش، داده‌ها به‌ترتیب زمان وقوع مرتب می‌شوند و هر داده با تمام داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود (صادقی و ذبیحی، ۱۳۹۷). از مزایای این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی فاقد توزیع آماری خاص و هم‌چنین اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی موجود در برخی سری‌ها اشاره کرد (Partal and Kahya, ۲۰۱۵)

روند تغییرات مکانی: به‌منظور تعیین الگوی مکانی شاخص‌های PCI و SI در مقیاس‌های مختلف زمانی مورد پژوهش (سالانه، فصلی، دوره‌های خشک و مرطوب) از روش وزن‌دهی معکوس فاصله در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده شد. فرضیه روش مورد استفاده بر شبیه‌تر بودن نقاط نزدیک به هم نسبت به نقاط دورتر استوار است. لذا هر یک از نقاط دارای وزن است که با افزایش فاصله از نقطه معلوم وزن آن کم‌تر می‌شود. از طرفی، اثربخشی نقطه معلوم در تخمین نقطه مجهول و محاسبه میانگین نیز کاهش می‌یابد. در همین ارتباط، بهترین نتایج هنگامی به‌دست می‌آید که رفتار تابع ریاضی با رفتار پدیده مورد نظر مشابه باشد (قهرودی تالی، ۱۳۸۴؛ صادقی و همکاران، ۲۰۱۷). تخمین‌گر مورد اشاره براساس رابطه (۵) به‌دست می‌آید.

$$Z\,(S_o) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i Z(S_i) \qquad (۵)$$

که در آن، Z (So) مقدار تخمین در نقطه So، λi مقدار وزن اختصاص داده شده به هر نقطه مشاهداتی، N تعداد نقاط مشاهداتی در اطراف نقطه مورد نظر و Z (Si) مقدار مشاهداتی در نقطه Si هستند. مقدار وزن هر نقطه نیز از روابط (۶) و (۷) محاسبه می‌گردد.

$$\lambda_i = \frac{d_{io}^{-p}}{\sum_{i=1}^{n} d_{io}^{-p}} \qquad (۶)$$

$$\sum_{i=1}^{N} \lambda_i = 1 \qquad (۷)$$

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

که در آن، dio فاصله بین نقطه مورد نظر So و هر یک از نقاط مشاهداتی Si است. با افزایش فاصله، مقدار وزن به‌وسیله عامل P کاهش می‌یابد.

شرح و تفسیر نتایج

نتایج محاسبه مقادیر شاخص‌های تمرکز بارش (PCI) و فصلی بودن (SI) در ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد مطالعه در مقیاس‌های زمانی سالانه، فصلی و دوره‌های خشک و مرطوب در جدول (۳) ارائه شده است. براساس یافته‌های مندرج در جدول (۳)، میانگین مقادیر شاخص PCI در استان گلستان طی دوره مطالعاتی در مقیاس‌های زمانی سالانه، دوره خشک، دوره مرطوب، بهار، تابستان، پاییز و زمستان به‌ترتیب برابر با ۱۳/۱۵، ۱۴/۷۲، ۱۰/۷۱، ۱۱/۹۶، ۱۳/۱۵، ۱۰/۷۱ و ۹/۹۶ محاسبه شد. مقدار میانگین شاخص SI در استان گلستان نیز برابر با ۰/۶ به‌دست آمد.

جدول ۳. نتایج محاسبه مقادیر شاخص‌های PCI و SI در ایستگاه‌های باران‌سنجی مطالعاتی طی دوره آماری مورد پژوهش

مقیاس زمانی / ایستگاه	PCI							SI
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	دوره مرطوب	دوره خشک	سالانه	سالانه
ارازکوسه	۱۱/۸۲	۱۱/۵	۱۰/۷۵	۹/۷۲	۱۰/۴۵	۱۳/۱۳	۱۲/۵۴	۰/۵۸
اینچه برون	۱۴/۱۴	۱۵/۸۶	۱۱/۶۲	۱۰	۱۱/۵۹	۱۷/۳۱	۱۴/۶۸	۰/۷۲
آق‌قلا	۱۱/۹۱	۱۲/۴۳	۱۰/۳۸	۱۰/۰۱	۱۰/۹۳	۱۵/۳۸	۱۳/۱۱	۰/۶۱
باغ سالیان	۱۳/۰۲	۱۴/۱۱	۱۱/۲۲	۹/۹۶	۱۰/۹۵	۱۶/۲۶	۱۳/۶۶	۰/۶۵
بهلکه داشلی	۱۱/۳۷	۱۲/۵۴	۱۰/۱۳	۱۰/۰۳	۱۰/۸۵	۱۴/۲۲	۱۲/۷۴	۰/۵۹
پس‌پشته	۱۰/۷۳	۱۱/۰۶	۱۰/۲۶	۹/۳۳	۹/۷۸	۱۲/۱۹	۱۲/۷۷	۰/۵۵
پیش‌کمر	۱۱/۲۱	۱۲/۷	۱۰/۲۸	۹/۲۱	۱۰/۰۶	۱۲/۶۴	۱۲/۷۷	۰/۵۵
ترشکلی	۱۵/۴۹	۱۷/۶۶	۱۱/۳۱	۱۰/۱۷	۱۱/۵	۱۷/۳۹	۱۴/۹۹	۰/۷۴
تقی‌آباد	۱۰/۲	۱۱/۱۱	۱۰/۲۹	۹/۸۲	۱۰/۲۳	۱۳/۲۹	۱۲/۳۱	۰/۵۰
تمر	۱۱/۳۲	۱۳/۱۴	۱۰/۵۴	۹/۶۶	۱۰/۲۹	۱۳/۲۸	۱۱/۹۹	۰/۵۷
تنگراه	۱۱/۱۱	۱۲/۴	۱۰/۲۸	۹/۵۹	۱۰/۵۴	۱۲/۹۵	۱۲/۴۵	۰/۵۶
تیل‌آباد	۱۲/۶	۱۴/۶۸	۱۲/۱۹	۱۰/۵	۱۱/۱۲	۱۶/۳۱	۱۲/۳۶	۰/۷۰
چات	۱۴/۸۳	۱۸/۰۴	۱۱/۲۵	۱۰/۲۴	۱۱/۷۴	۲۱/۱	۱۶/۴۲	۰/۷۹
چشمه‌خان	۱۳/۰۶	۱۶/۴۲	۱۲/۷	۱۰/۹۵	۱۱/۹۴	۱۹/۱۷	۱۴/۵۳	۰/۷۵
داشلی برون	۱۵/۳۷	۱۶/۰۲	۱۱/۰۷	۹/۹	۱۱/۳۴	۱۷/۲۱	۱۴/۸۷	۰/۷۳
رامیان	۱۳/۰۶	۱۶/۴۲	۱۲/۷	۱۰/۹۵	۱۱/۹۴	۱۹/۱۷	۱۵/۹	۰/۷۵
رباط قره‌بیل	۱۳/۲۸	۱۳/۴	۱۲/۵۴	۱۰/۹۴	۱۱/۷۹	۱۷/۱۵	۱۵/۹	۰/۷۵
زرینگل	۱۰/۸	۱۱/۰۲	۹/۸۸	۹/۸۲	۱۰/۰۱	۱۱/۹۳	۱۵/۷۶	۰/۴۹
سد گرگان	۱۳/۴۳	۱۳/۹۱	۱۰/۷۴	۱۰/۳۲	۱۱/۳۹	۱۵/۸۸	۱۱/۶۱	۰/۶۶
سرمو	۱۰/۶	۱۲/۱۳	۱۰/۰۱	۹/۷۶	۱۰/۳۳	۱۲/۹۸	۱۴/۰۱	۰/۵۲
سلطان‌آباد	۱۰/۵۲	۱۲/۳۷	۱۰/۲۳	۹/۸۹	۱۰/۴	۱۴/۲۳	۱۲/۴۵	۰/۵۶
سیاه آب	۱۱/۵۹	۱۲/۶۵	۱۰/۵۱	۹/۸۷	۱۰/۴۶	۱۴/۰۵	۱۲/۵۱	۰/۵۶
شاه کوه بالا	۱۱/۵	۱۲/۲۸	۱۰/۰۷	۹/۹۷	۱۰/۷۸	۱۴/۴۳	۱۳/۶۱	۰/۶۰
شصت کلاته	۱۰/۹۵	۱۱/۸۱	۹/۸۱	۹/۹۲	۱۰/۳۹	۱۲/۶۶	۱۱/۷۲	۰/۴۷
غفار حاجی	۱۲/۱۷	۱۳/۰۷	۱۰/۴۸	۱۰/۱۴	۱۱/۴۵	۱۵/۱۱	۱۱/۸۲	۰/۶۲

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

فاضل‌آباد	۱۰/۲	۱۰/۸۱	۹/۸۶	۹/۶۵	۹/۶۳	۱۱/۸۹	۱۳/۳	۰/۴۶
قازانقایه	۱۲/۳۶	۱۵/۴۳	۱۲/۵۹	۹/۷۵	۱۰/۶۴	۱۹/۷	۱۴/۶۹	۰/۷۴
قزاقلی	۱۲/۶۶	۱۴/۶۵	۱۰/۹۳	۱۰/۰۱	۱۰/۸۱	۱۵/۲۴	۱۱/۰۳	۰/۶۳
قلعه جیق	۱۳/۸	۱۴/۳۳	۱۱/۰۱	۱۰/۱۲	۱۱/۷	۱۷/۸۱	۱۴/۵۶	۰/۷۱
قلی‌تپه	۱۱/۰۸	۱۱/۱۱	۱۰/۲	۹/۷۴	۱۰/۰۵	۱۱/۵۷	۱۳/۰۳	۰/۵۰
کبودال	۱۰/۵۴	۱۰/۱	۹۸/۸	۱۰/۶۵	۱۰/۷۳	۱۴/۶۶	۱۱/۷۴	۰/۵۶
گالیکش	۱۱	۱۱/۴۸	۱۰/۱۵	۹/۷۹	۱۰/۲۹	۱۱/۷۵	۱۲/۴۴	۰/۵۲
گنبد	۱۱/۸۹	۱۲/۴۸	۱۰/۷۷	۹/۷۱	۱۰/۳۹	۱۳/۶۳	۱۱/۹۹	۰/۵۸
لاله باغ	۱۰/۹۸	۱۱/۵۷	۱۰/۳۸	۹/۸۶	۱۰/۳۵	۱۳/۰۱	۱۲/۶۱	۰/۵۵
لزوره	۱۰/۷۸	۱۰/۷۳	۱۰/۲۵	۹/۵۴	۱۰/۰۱	۱۱/۴۳	۱۲/۱۴	۰/۴۸
مراوه تپه	۱۲/۲۸	۱۶/۰۴	۱۱/۱۴	۹/۶۴	۱۰/۳۱	۱۵/۹۲	۱۳/۴۸	۰/۶۵
مینودشت	۱۰/۷۶	۱۱/۱	۱۰/۶۱	۱۰/۲۳	۱۱/۲۴	۱۲/۹۶	۱۱/۵۲	۰/۵۶
ناهارخوران	۱۰/۶	۱۰/۴۹	۹/۸۹	۹/۹۱	۹/۸۹	۱۲/۷	۱۱/۴۴	۰/۴۸
نوده	۱۰/۶۴	۱۰/۷۲	۹/۷۸	۹/۵۱	۹/۹۳	۱۱/۳	۱۱/۲۴	۰/۴۸
وطنا	۱۱/۱۴	۱۱/۸۲	۱۰/۱۵	۹/۷۵	۱۰/۱	۱۲/۶۱	۱۱/۶۶	۰/۵۰
هوتن	۱۳/۷۶	۱۷/۵۹	۱۱/۴۶	۱۰/۰۱	۱۱/۱۶	۱۷/۹۵	۱۴/۹۹	۰/۷۴

براساس نتایج ارائه شده مقادیر فصلی شاخص PCI در جدول (۳)، بیش‌ترین تمرکز بارش و حداقل پراکندگی در استان گلستان در فصل تابستان به‌وقوع پیوسته است. به‌عبارتی بارش‌های اتفاق افتاده در فصل تابستان در ماه‌های مشخصی از فصل مذکور متمرکز هستند. با توجه به نقش بارندگی‌های کوتاه‌مدت ولی با شدت زیاد در وقوع فرسایش خاک از طریق پاشمان و سپس ایجاد رواناب، نتیجه به‌دست آمده نشان‌دهنده بیشینه پتانسیل فرسایش خاک در فصل تابستان است که نتایج ذبیحی و همکاران (۱۳۹۴) مبنی بر میزان فرسایندگی زیاد باران در شمال کشور در فصل تابستان و نیز الگوی توزیع فصلی بارندگی در شمال کشور (سازمان تحقیقات منابع آب، ۱۳۶۹) را تأیید می‌نماید. یافته‌های پژوهش حاکی از وقوع بیشینه پراکندگی و کم‌ترین تمرکز بارش در فصل زمستان در استان گلستان است، به‌عبارتی وقوع بارندگی در فصل زمستان دارای پراکنش یکنواخت‌تری در ماه‌های وقوع بارش است. این نتیجه با گزارش‌های مسعودیان (۱۳۹۰) و ذبیحی و همکاران (۱۳۹۴) در خصوص نقش تعیین‌کننده الگوهای فصلی بارش و تأثیر آن بر عامل فرسایندگی باران و سپس فرسایش خاک مطابقت دارد. انحراف معیار مقادیر شاخص PCI در فصول چهارگانه نیز مؤید نتیجه مذکور است (۱/۴۲، ۲/۲۰، ۰/۸۷ و ۰/۴۰ به‌ترتیب در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان). مقادیر شاخص تمرکز بارش می‌تواند به‌عنوان یکی از شاخص‌های زیست‌اقلیمی در مطالعات اکولوژی پوشش‌گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، مقادیر کم‌تر شاخص تمرکز بارش در مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه، نشان‌دهنده توزیع یکنواخت بارش است که تعیین‌کننده توزیع زمانی دبی رودخانه‌ها و نیز منابع آب سطحی است. به‌عبارتی در مناطقی با توزیع یکنواخت بارش، امکان دسترسی بهتر به منابع آب موجود و استفاده مناسب‌تر از آن را فراهم می‌نماید. بررسی مقادیر بیشینه و کمینه شاخص PCI در مقیاس فصلی در منطقه مورد پژوهش نیز نشان داد که ایستگاه‌های باران‌سنجی با مقادیر بیشینه و کمینه شاخص مذکور برای هر فصل متفاوت هستند که منجر به ایجاد الگوی متفاوت مکانی در فصول مختلف می‌گردد. به‌عنوان مثال، بیشینه و کمینه مقادیر شاخص PCI در فصل بهار برای ایستگاه‌های ترشکلی (۱۵/۴۹) و فاضل‌آباد (۱۰/۲) به‌دست آمد. حال آن‌که ایستگاه‌های چشمه‌خان و رامیان

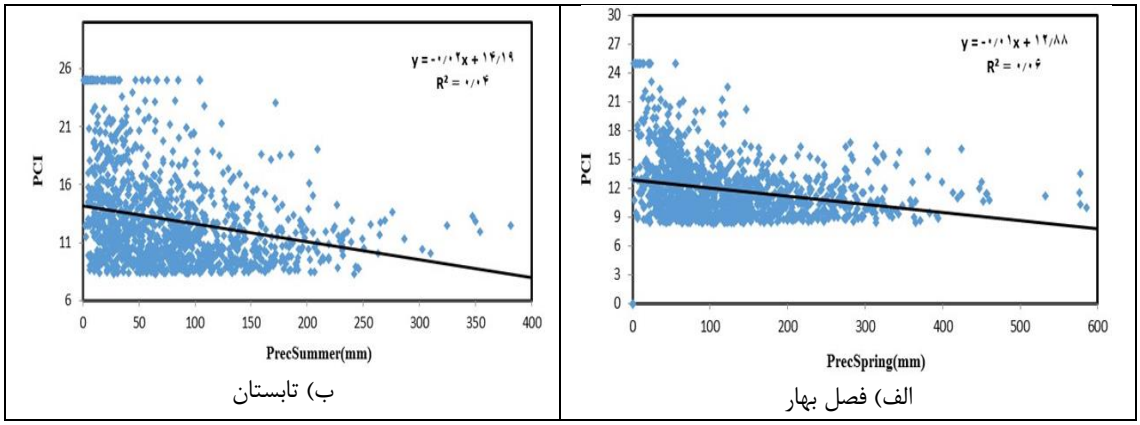
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

و پیش‌کمر مقادیر بیشینه و کمینه شاخص مذکور به‌ترتیب برابر با ۱۰/۹۵ و ۹/۲۱ در فصل زمستان را به خود اختصاص دادند. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت لحاظ تغییرات زمانی و مکانی شاخص PCI در فصول مختلف در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و حفاظت منابع آب و خاک در منطقه مطالعاتی است. یافته‌های حاصل از بررسی شاخص PCI در مقیاس دوره‌های خشک و مرطوب (جدول ۳) نشان داد که کمینه مقادیر شاخص تمرکز بارش برای دوره‌های خشک و مرطوب به‌ترتیب برابر با ۱۱/۳ و ۹/۶۳ و در ایستگاه‌های نوده و فاضل‌آباد ثبت شد. بیشینه مقدار شاخص PCI در ایستگاه‌های باران‌سنجی رامیان (۱۱/۹۴) و چشمه‌خان (۱۱/۹۴) برای دوره مرطوب و در ایستگاه چات برای دوره خشک (۲۱/۱) محاسبه شد. شایان یادآوری است که میانگین شاخص PCI برای دوره‌های خشک و مرطوب به‌ترتیب ۱۴/۷۲ و ۱۰/۷۲ به‌دست آمد. در مقیاس سالانه، کمینه و بیشینه مقادیر شاخص PCI در ایستگاه‌های قزاقلی و چات و برابر با ۱۱/۰۳ و ۱۶/۴۲ به‌دست آمد. مقادیر انحراف معیار و دامنه تغییرات شاخص تمرکز بارش در مقیاس سالانه نیز به‌ترتیب ۱/۴۵ و ۵/۳۹ محاسبه شد. قابل ذکر است که با مقایسه مقادیر شاخص تمرکز بارش در مناطق مختلف، می‌توان نسبت به ارزیابی تغییرات مکانی منابع آب سطحی اقدام نمود. در این راستا، مناطق مناسب از نظر توزیع یکنواخت دارای شرایط مناسب‌تری از نظر دسترسی به آب و قابلیت استفاده از آن برای اهداف مختلف است.

یافته‌های حاصل از بررسی شاخص SI در استان گلستان نشان داد که ایستگاه چات با مقدار ۰/۷۹ (توزیع فصلی با یک فصل خشک و یک فصل مرطوب) و ایستگاه شصت‌کلاته با مقدار ۰/۴۷ (توزیع عمدتاً فصلی با یک فصل خشک کوتاه) به‌ترتیب بیشینه و کمینه مقدار شاخص مورد اشاره را به‌خود اختصاص دادند.

نتایج همبستگی میان مقادیر شاخص PCI در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه با میانگین مقدار بارش هر یک از مقیاس‌های زمانی پیش‌گفته در منطقه مورد پژوهش در شکل (۲) نشان داده شده است. علاوه بر این، یافته‌های حاصل از برقراری همبستگی بین شاخص فصلی بودن بارش با مقدار میانگین بارندگی در مقیاس سالانه در شکل (۳) ارائه شده است.

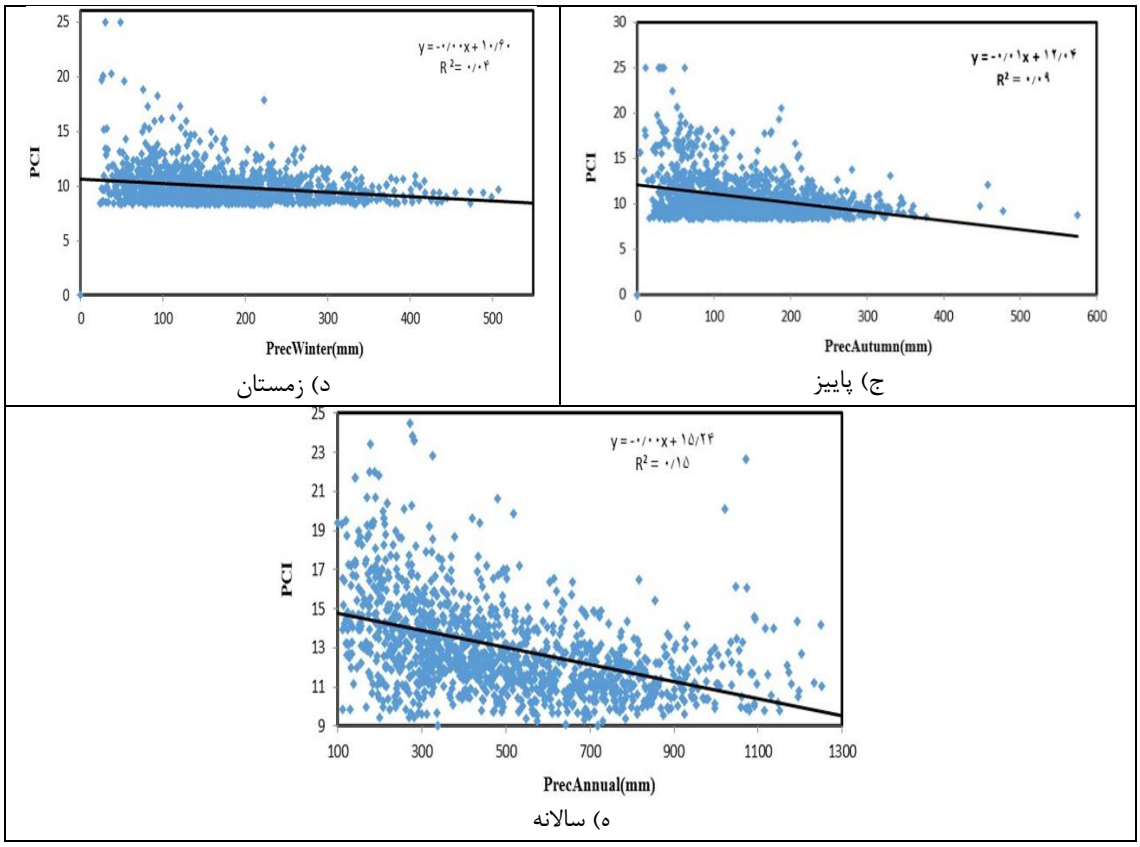


ب) تابستان

الف) فصل بهار

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]



د) زمستان

ج) پاییز

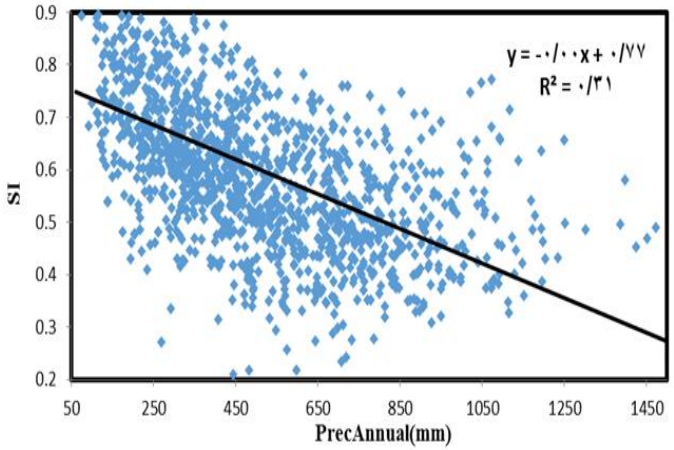
ه) سالانه

شکل ۲. همبستگی مقادیر شاخص PCI در مقیاس‌های زمانی فصلی و سالانه با مقادیر بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان گلستان

براساس نتایج حاصل از ارتباط میان مقادیر شاخص PCI و مقادیر بارندگی و مندرج در شکل (۲)، ارتباط معکوس بین مقدار بارندگی با شاخص تمرکز بارش در تمامی فصل‌های مورد مطالعه در دوره آماری به اثبات رسید. اگرچه این ارتباط دارای مقدار ضریب همبستگی بالایی نیست، اما تعیین نوع ارتباط آن حائز اهمیت است. بر همین اساس، با افزایش مقدار بارندگی، مقدار تمرکز بارش کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر، با افزایش مقدار بارندگی، توزیع بارش در ماه‌های مختلف طی مقیاس زمانی مورد پژوهش یکنواخت‌تر خواهد شد. افزایش میزان ضریب همبستگی با کوچک شدن مقیاس زمانی نیز از دیگر یافته‌های قابل استنتاج از شکل (۲) است. در همین ارتباط، با افزایش مقیاس (از فصلی به سالانه)، تغییرپذیری کاهش می‌یابد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]



شکل ۳. همبستگی مقادیر شاخص SI و مقادیر بارش سالانه در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان گلستان

براساس نتایج ارائه شده در شکل (۳)، ارتباط مقادیر شاخص SI با مقدار بارش سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه طی دوره آماری مورد پژوهش نیز هم‌چون شاخص PCI حاکی از یک رابطه معکوس ولی با ضریب همبستگی ۰/۳۱ است.

نتایج حاصل از آزمون روند تغییرات من-کندال برای شاخص‌های PCI و SI در ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در استان گلستان در جدول (۴) آورده شده است.

جدول ۴. نتایج محاسبه آماره من-کندال به‌منظور تعیین روند تغییرات زمانی شاخص‌های PCI و SI در استان گلستان

ایستگاه	SI	PCI	ایستگاه	SI	PCI	ایستگاه	SI	PCI
ارازکوسه	-۰/۱۹	۰/۴۱	داشلی برون	۱/۱۰	۰/۹۸	قلعه‌جیق	۱/۴۴	۲/۲۷*
اینچه برون	-۱/۷۴	-۱/۸۶	رامیان	-۲/۶۴**	-۲/۸۵**	قلی‌تپه	۰/۶۲	۰/۳۹
آق‌قلا	۱/۱۹	۰/۸۷	رباط قره‌بیل	-۲/۴۶*	۱/۵۴-	کبودال	۰/۶۸	۰/۲۹
باغ سالیان	-۱/۳۱	-۰/۲۷	زرینگل	۳/۰۵**	۲/۵۵*	گالیکش	۰/۶۲	۰/۶۲
بهلکه داشلی	-۰/۲۹	۰/۴۱	سد گرگان	۰/۵۶	۱/۴۸	گنبد	۰/۷۱	۰/۲۴
پس‌پشته	-۱/۰۷	-۰/۹۵	سرمو	۲/۱۳*	۱/۹۳	لاله باغ	۰/۹۷	۱/۲۶
پیش‌کمر	-۲/۲۹*	-۲/۴۲*	سلطان‌آباد	۰/۳۹	۰/۳۲	لزوره	۰/۰۲	-۰/۰۶
ترشکلی	۰/۴۷	۱/۲۲	سیاه آب	-۰/۰۲	۰/۰۹	مراوه تپه	۰/۵۰	۰/۰۶
تقی‌آباد	۰/۳۳	۰/۷۶	شاهکوه	-۰/۳۹	-۰/۵۴	مینودشت	۰/۵۷	-۰/۰۶
تمر	۰/۱۷	۰/۰۷	شصت کلاته	۲/۳۸*	۲/۵۳*	ناهارخوران	-۰/۵۴	-۰/۸۳
تنگراه	-۰/۱۵	۰/۳۶	غفار حاجی	۱/۵۴	۱/۲۷	نوده	۱/۳۶	۱/۲۲
تیل‌آباد	۰/۱۵	۰/۰۶	فاضل‌آباد	۲/۰۸*	۱/۵۴	وطنا	۰/۶۲	۰/۷۳
چات	۰/۸۸	۰/۶۲	قازانقایه	-۱/۱۸	۱/۴۴-	هوتن	۰/۳۲	۰/۱۳
چشمه‌خان	-۲/۶۴**	-۲/۸۵**	قزاقلی	۰/۶۵	۱/۳۶	-	-	-

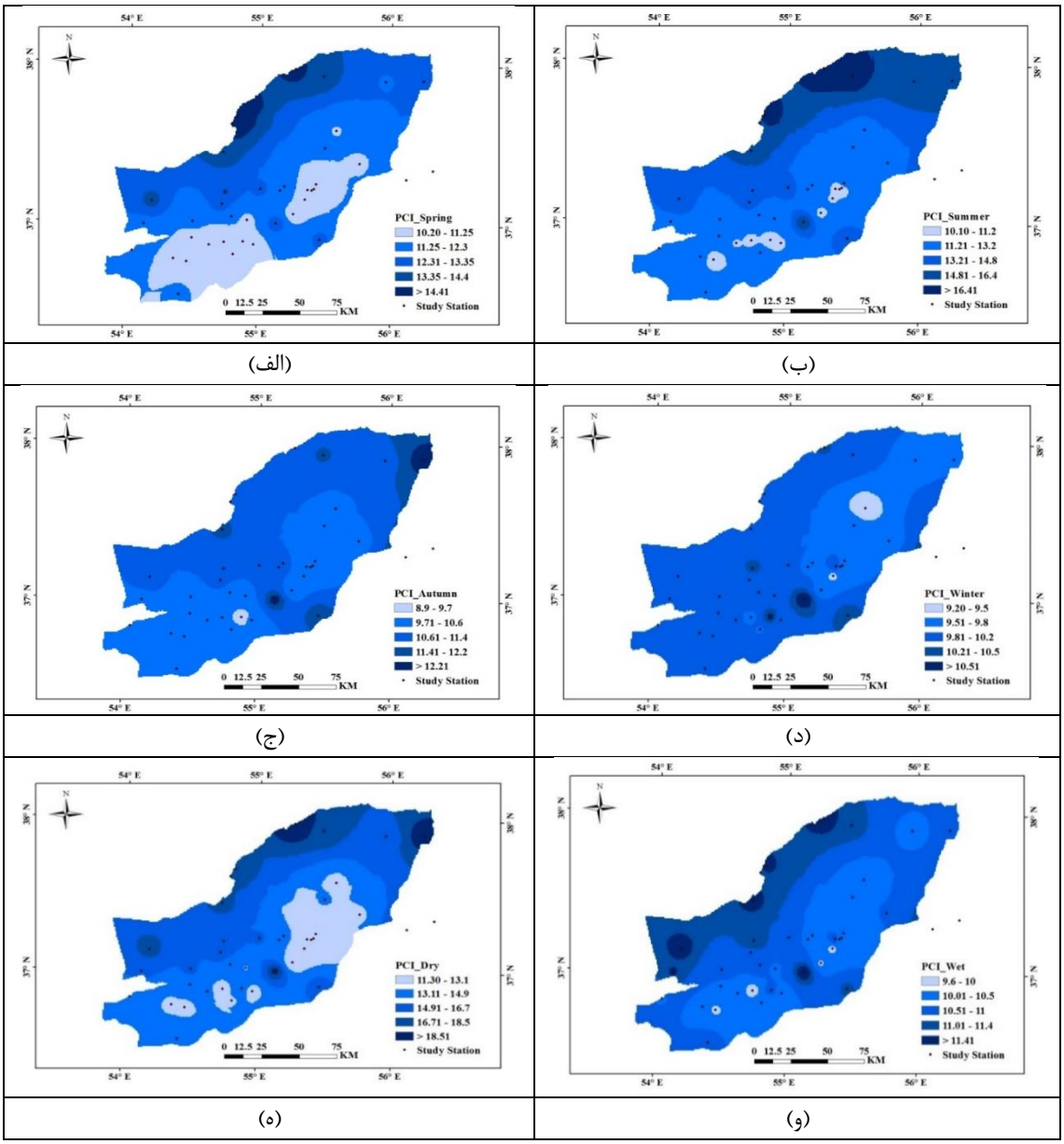
**معنی‌دار در سطح یک درصد، *معنی‌دار در سطح پنج درصد

نتایج به‌دست آمده از آزمون تعیین روند تغییرات شاخص SI در استان گلستان (جدول ۴) نشان داد که ایستگاه‌های پیش‌کمر، رباط قره‌بیل، سرمو، شصت‌کلاته و فاضل‌آباد در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ایستگاه‌های چشمه‌خان، رامیان و زرین‌گل در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارای روند معنی‌دار هستند. سایر ایستگاه‌های باران‌سنجی (حدود ۸۰ درصد ایستگاه‌های مطالعاتی) فاقد روند تغییرات معنی‌دار هستند. در خصوص نتایج به‌دست آمده از شاخص تمرکز بارش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

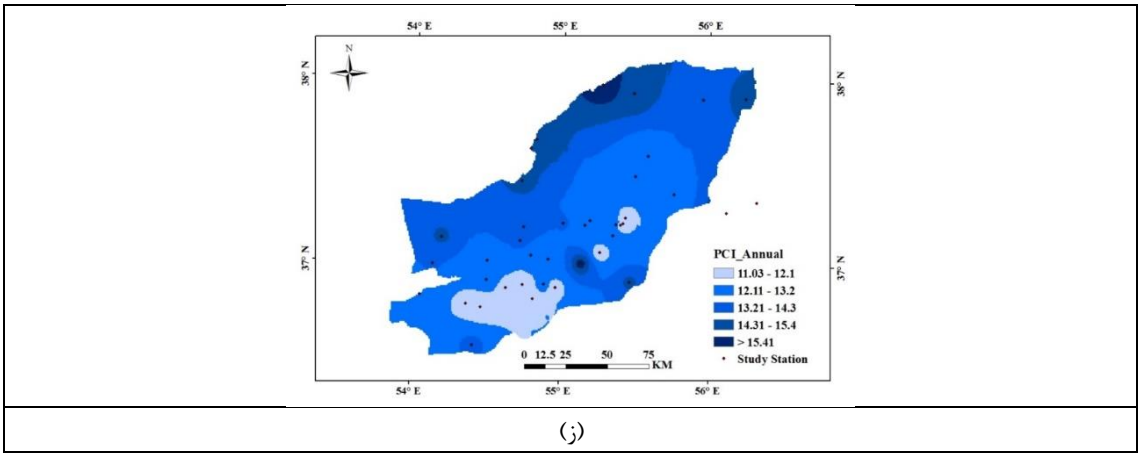
(PCI) و مندرج در جدول (۴) نیز بایستی ذکر گردد که ۱۴ درصد ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب از روند تغییرات معنی‌دار طی دوره آماری مورد پژوهش تبعیت می‌کنند. ایستگاه‌های پیش‌کمر، زرین‌گل، شصت‌کلاته و قلعه‌جیق در سطح معنی‌داری پنج درصد و ایستگاه‌های چشمه‌خان و رامیان در سطح معنی‌داری یک درصد دارای روند معنی‌دار هستند. در مجموع، ۲۷ ایستگاه دارای روند تغییرات افزایشی (معنی‌دار و غیرمعنی‌دار) و ۱۴ ایستگاه نیز دارای روند تغییرات کاهشی (معنی‌دار و غیرمعنی‌دار) برای شاخص‌های PCI و SI در استان گلستان هستند.

پهنه‌بندی مقادیر شاخص PCI در هر یک از مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه در شکل (۴) نشان داده شده است. وضعیت توزیع مکانی شاخص فصلی بودن بارش در استان گلستان نیز در شکل (۵) ارائه شده است.



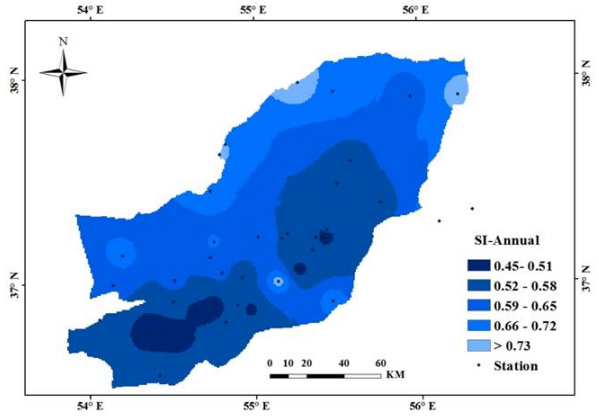
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]



(ز)

شکل ۴. توزیع مکانی شاخص PCI در مقیاس‌های الف) بهار، ب) تابستان، ج) پاییز، د) زمستان، ه) دوره خشک، و) دوره مرطوب، ز) سالانه در استان گلستان



شکل ۵. نقشه توزیع مکانی شاخص فصلی بودن سالانه در استان گلستان

بررسی و تحلیل توزیع مکانی شاخص PCI در مقیاس فصلی نشان‌دهنده عدم وجود الگوی مکانی کاملاً یکسان در فصول مورد مطالعه است. اما به‌طور کلی در مقیاس فصلی بخش‌های شمال و شمال‌شرقی بیش‌ترین و جنوب و جنوب‌غربی کم‌ترین مقدار شاخص PCI را در منطقه مطالعاتی به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به توزیع متفاوت زمانی و مکانی شاخص تمرکز بارش در استان گلستان، فصل‌های زمستان و پاییز بیش‌ترین مقدار بارش و کم‌ترین مقدار شاخص PCI را نسبت به سایر فصول به خود اختصاص دادند که بیان‌گر توزیع بارندگی در فصول مورد اشاره بوده که با توجه به بارش‌های طولانی‌مدت با شدت اندک نسبت به سایر فصول است. بخش‌های جنوب و جنوب‌غربی منطقه مطالعاتی به‌دلیل نزدیکی به دریا و تأثیرات رشته‌کوه‌های البرز و توده‌های هوای ورودی از توزیع بارش یکنواخت و متوسطی در فصول پاییز و زمستان برخوردار هستند. نظر به وقوع بارش نسبتاً کم در فصول بهار و تابستان، مقدار شاخص PCI برای دو فصل مذکور بیان‌گر توزیع متوسط بارندگی براساس شاخص مورد پژوهش هستند. با این وجود توزیع نامنظم بارندگی در بخش‌های جنوب و جنوب‌غربی استان در فصول مورد اشاره می‌تواند به‌دلیل خشکی هوای ناشی از ورود توده‌های هوای شمالی باشد که با یافته‌های قبله و همکاران (۱۳۹۴) و مارتین-وید (Martin-Vide, ۲۰۰۴) مبنی بر تأثیر ویژگی‌های اقلیمی و توپوگرافی بر توزیع زمانی و مکانی بارش مطابقت دارد. نقشه‌های شاخص PCI در دوره‌های خشک و مرطوب نیز همانند نقشه‌های فصول چهارگانه از الگوی کاملاً یکسانی پیروی نمی‌کنند. اما

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

می‌توان کم‌ترین مقدار شاخص PCI را در بخش‌های مرکزی و جنوبی استان گلستان جستجو نمود. این امر نشان‌دهنده توزیع یکنواخت‌تر بارندگی بیش‌تر در بخش‌های مذکور است. نتایج ارائه شده لزوم لحاظ استراتژی‌های مدیریتی منحصر به هر دوره یا فصل را نشان می‌دهد. مطابق نتایج حاصل از تهیه نقشه توزیع مکانی شاخص تمرکز بارش سالانه در استان گلستان (شکل ۴)، کمینه مقدار شاخص مذکور در بخش جنوب غربی منطقه مطالعاتی به وقوع پیوسته است که این امر بیان‌گر توزیع بارندگی یکنواخت در این بخش از استان گلستان است. نزدیکی به دریا، ارتفاع کم و توپوگرافی منظم را می‌توان از جمله دلایل این توزیع یکنواخت بارندگی ذکر نمود. بیش‌ترین مقدار شاخص PCI در مقیاس سالانه نیز در قسمت شمال شرق منطقه مورد مطالعه به‌دست آمده است که نشان‌دهنده توزیع نامنظم بارندگی در این نواحی است. دلیل این امر را می‌توان ناشی از تفاوت اقلیم این بخش با سایر نقاط استان، دوری از رطوبت دریای خزر، کاهش ارتفاعات البرز شرقی، وسیع بودن جلگه ساحلی و نزدیکی به بیابان‌های قره‌قوم و قزل‌قوم در جمهوری‌های آسیای میانه دانست. نتایج حاصله تا حدودی با یافته‌های مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) در خصوص محاسبه شاخص فرسایندگی فورنیه اصلاح شده در آبخیز گرگانرود مطابقت دارد. شاید دلیل عدم تطابق کامل نتایج پژوهش‌های مذکور علی رغم استفاده از مقدار بارندگی در محاسبه شاخص‌های تمرکز بارش و فرسایندگی باران فورنیه اصلاح شده را بتوان به نوع ارتباط مقدار بارندگی با شاخص‌های پیش‌گفته ارتباط داد. نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر برای مقیاس سالانه می‌تواند جهت تعیین نوع اقدام مدیریتی با توجه به وضعیت بارش استان گلستان به‌منظور حفاظت از منابع آب و خاک مورد استفاده قرار گیرد. توزیع مکانی شاخص فصلی بودن بارش (SI) نیز نشان داد که بخش‌های شمال و شمال‌شرقی استان گلستان از مقدار کم شاخص SI و توزیع بارش یکنواخت‌تری برخوردار هستند. بخش‌های جنوب و جنوب‌غربی منطقه مورد پژوهش نیز مقادیر بالای شاخص فصلی بودن را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی الگوی تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های تمرکز بارش و فصلی بودن بارش در استان گلستان در مقیاس‌های زمانی مختلف برنامه‌ریزی شده است. براساس نتایج، میانگین مقادیر شاخص‌های PCI و SI طی دوره آماری مورد پژوهش در مقیاس زمانی سالانه به‌ترتیب برابر با ۱۳/۱۵ (توزیع بارندگی متوسط) و ۰/۶ (توزیع فصلی با یک فصل خشک و یک فصل مرطوب) محاسبه شد. هم‌چنین، یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از وجود روند تغییرات افزایشی و کاهشی شاخص‌های PCI و SI به‌ترتیب برای ۲۷ و ۱۴ ایستگاه باران‌سنجی مورد مطالعه است. تحلیل نقشه‌های توزیع مکانی شاخص‌های PCI و در مقیاس‌های زمانی مختلف در استان گلستان بیان‌گر عدم وجود الگوی تغییرات مکانی یکسان در مقیاس‌های زمانی مورد پژوهش است. در مجموع در مناطق با مقادیر بالای شاخص تمرکز بارش و فصلی بودن بارش، وقوع بارندگی‌ها در ماه‌های مشخصی متمرکز است که این امر می‌تواند دسترسی گیاهان و محصولات زراعی به رطوبت برای رشد را تحت‌تأثیر قرار دهد. شاخص‌های مذکور می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های زیست‌اقلیمی در مطالعات اکولوژی پوشش‌گیاهی و نیز محصولات مختلف زراعی مورد استفاده قرار گیرند. در مناطقی با مقادیر کم شاخص‌های مذکور، انتظار توزیع یکنواخت بارش وجود دارد که تامین منابع آب و استفاده از آن برای اهداف مختلف را میسر می‌سازد. باید اشاره شود که برخی از محصولات کشاورزی در دوره کاشت خود نیازمند وقوع منظم بارش تا رشد کامل محصول خواهند بود، لذا تعیین استراتژی‌های مدیریتی برای هر محصول بایستی منحصر به فرد باشد که انجام مطالعات تکمیلی در این خصوص برای مناطق مختلف اقلیمی از پیشنهادهای تحقیقاتی در این زمینه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

است. علاوه بر این، مدیریت الگوی مکانی محل کشت محصولات خاص با بهره‌گیری از الگوهای فصلی بارش ارائه شده در پژوهش حاضر امکان‌پذیر است. نظر به نتایج پژوهش فعلی و براساس الگوهای به‌دست آمده از توزیع زمانی و مکانی بارش با استفاده از شاخص‌های PCI و SI در سطح استان می‌توان در مناطقی با مقادیر بالا و یا بسیار کم شاخص‌های مذکور، وقوع دوره‌های خشک یا مرطوب را انتظار داشت. در این راستا، اقدامات مدیریتی از جمله تعیین اولویت‌بندی مناطق برای حفاظت و مدیریت منابع آب و خاک، تعیین نوع و زمان کشت محصولات را پیشنهاد نمود. روند تغییرات شاخص‌های مذکور و ارتباط آن با مؤلفه‌های مهم اقلیمی از مواردی است که می‌تواند در ارزیابی تغییر الگوی بارش و نیز تغییرات اقلیم مورد استفاده قرار گیرد. قابل ذکر است که شاخص‌های تمرکز بارش و فصلی بودن بارش بر مقادیر تجمعی بارش تأکید نمی‌کنند و به الگوی پراکنش بارندگی می‌پردازند که بر همین اساس می‌توانند معیار مناسب‌تری برای ارزیابی تغییر در الگوهای وقوع بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی باشند.

منابع

اسلامی، حسین. ۱۳۹۷. بررسی تغییرات مکانی شاخص تمرکز بارندگی و فرسایندگی باران در استان خوزستان. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، **۹**(۱۷): ۱۱۸-۱۰۹.

بابایی‌فینی، ام‌السلمه و منوچهر فرج‌زاده. *۱۳۸۱*. الگوهای تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران. *مدرس علوم انسانی*، **۶** (۴): -۷۰ ۵۱.

جهانبخش اصل، سعید؛ وحیده ابطحی، محمدعلی قربانی، معصومه تدینی و اکرم والایی. ۱۳۹۴. بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش شهرستان تبریز با روش تحلیل خوشه‌ای. *فضای جغرافیایی*، **۱۵**(۵۰): ۸۱-۵۹.

خلیلی، کیوان؛ محمد ناظری‌تهرودی و فرشاد احمدی. ۱۳۹۴. کاربرد شاخص PCI در بررسی الگوی بارش ایران و تحلیل روند تغییرات آن در مقیاس سالانه و فصلی طی نیم قرن اخیر. *آبیاری و زهکشی ایران*، **۹**(۱): ۲۰۸-۱۹۵.

داده، فاطمه؛ رئوف مصطفی‌زاده، اباذر اسمعلی‌عوری و اردوان قربانی. ۱۳۹۹. تعیین فصلی بودن بارندگی ماهیانه با استفاده از روش Markhamدر ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل. *برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*، **۱۰**(۱): ۴۲-۲۹.

ذبیحی، محسن؛ سید حمیدرضا صادقی و مهدی وفاخواه. ۱۳۹۴. تحلیل الگوهای مکانی عامل فرسایندگی باران در مقیاس‌های زمانی متفاوت در ایران. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، **۷**(۴): ۴۵۷-۴۴۲.

سازمان تحقیقات منابع آب. ۱۳۶۹. *گزارش منابع آب اطلس ایران*. مرکز تحقیقات منابع آب.

شاه‌حسینی، تارا؛ حبیب نظرنژاد و فرخ اسدزاده. ۱۳۹۶. بررسی شاخص تمرکز بارش در ایستگاه‌های هواشناسی استان آذربایجان غربی. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست.

صادقی، سید حمیدرضا و محسن ذبیحی. ۱۳۹۷. تحلیل هم‌روندی تغییرات شاخص‌های فرسایندگی فورنیه اصلاح شده و بارش استاندارد شده در استان خراسان شمالی. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، **۱۰**(۴): ۵۱۵-۵۰۶.

قبله، مریم؛ علی اصغر، جعفرزاده و مجید پیشنماز احمدی. ۱۳۹۴. تغییرات زمانی و مکانی بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه. کنفرانس بین‌المللی توسعه با محوریت کشاورزی، محیط‌زیست و گردشگری.

قهرودی‌تالی، منیژه. ۱۳۸۴. *سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در محیط سه‌بعدی*. چاپ اول. جهاد دانشگاهی واحد تربیت معلم.

مسعودیان، سید ابوالفضل. ۱۳۹۰. *آب و هوای ایران*. شریعه توس.

مصطفی‌زاده، رئوف و سونیا مهری. ۱۳۹۷. تعیین وضعیت و تغییرات شاخص فصلی بارش در بخش مرکزی استان اردبیل. *پژوهش‌های آبخیزداری*، **۳۱**(۱۲۰): ۳۹-۲۸.

مصطفی‌زاده، رئوف؛ محسن ذبیحی و مریم ادهمی. ۱۳۹۶. تحلیل زمانی و مکانی تغییرات بارش ماهانه در استان گلستان به‌کمک بُعد فرکتالی. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، **۹**(۱): ۴۵-۳۴.

مصطفی‌زاده، رئوف؛ محسن ذبیحی، خدیجه حاجی و محمد حسین قویمی‌پناه. ۱۳۹۷. الگوهای تغییرپذیری زمانی و مکانی خطر عامل فرسایندگی باران در شمال شرق ایران. *نیوار*، **۱۰۳**: ۱۸-۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

Adegun, O.; I. Balogun, and O. Adeaga. ۲۰۱۲. Precipitation concentration changes in Owerri and Enugu. *Special Publication of the Nigerian Association of Hydrological Sciences*, ۳۸۳-۳۹۱.
Alijani, B.; J. O'Brien, and B. Yarnal. ۲۰۰۸. Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran. *Theoretical and Applied Climatology*, ۹٤: ۱۰۷-۱۲٤.
Apaydin, H.; G. Erpul, I. Bayramin, and D. Gabriels. ۲۰۰٦. Evaluation of indices for characterizing the distribution and concentration of precipitation: A case for the region of Southeastern Anatolia Project, Turkey. *Journal of Hydrology*, ۳۲۸: ۷۲٦-۷۳۲.
Benhamrouche, A.; D. Boucherf, R. Hamadache, L. Bendahmane, J. Martin-Vide, and J. Teixeira Nery. ۲۰۱٥. Spatial distribution of the daily precipitation concentration index in Algeria. *Natural Hazards Earth System Sciences*, ۱٥: ٦۱۷-٦۲٥.
Coscarelli, R.; and T. Caloiero. ۲۰۱۲. Analysis of daily and monthly rainfall concentration in Southern Italy (Calabria region). *Journal of Hydrology*, ٤۱٦: ۱٤٥-۱٥٦.
De Luis, M.; J.C. González-Hidalgo, M. Brunetti, and L.A. Longares. ۲۰۱۱. Precipitation concentration changes in Spain ۱۹٤٦-۲۰۰٥. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, ۱۱(٥): ۱۲٥۹-۱۲٦٥.
Dong, D.H.; ۲۰۰٦. Mitigation to the floods/droughts from the viewpoints of extreme precipitation in the Pearl River. *Pearl River*, ٥: ۳۳-۳٤.
Ezenwaji, E.E.; C.P. Nzoiwu, and G.N. Chima. ۲۰۱۷. Analysis of precipitation concentration index (PCI) for Awka Urban Area, Nigeria. *Hydrology: Current Research*, ۸(٤): ۲۸۷.
Gonzalez-Hidalgo, J.C.; M. De Luis, J. Ravento, and J.R. Sanchez. ۲۰۰۱. Spatial distribution of seasonal rainfall trends in a western Mediterranean area. *International Journal of Climatology*, ۲۱: ۸٤۳-۸٦۰.
Guhathakurta, P.; and E. Saji. ۲۰۱۳. Detecting changes in rainfall pattern and seasonality index vis-à-vis increasing water scarcity in Maharashtra. *Journal of Earth System Science*, ۱۲۲(۳): ٦۳۹-٦٤۹.
Huang, J.; S. Sun, and J. Zhang. ۲۰۱۳. Detection of trends in precipitation during ۱۹٦۰-۲۰۰۸ in Jiangxi province, southeast China. *Theoretical and Applied Climatology*, ۱۱٤: ۲۳۷-۲٥۱.
Kohnová, S.; K. Hlavcová, J. Szolgay, and A. Stevkova. ۲۰۰۹. Seasonality analysis of the occurrence of low flows in Slovakia. *International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineerin.*
Li, X.; F. Jiang, L, Li, and G. Wang. ۲۰۱۰. Spatial and temporal variability of precipitation concentration index, concentration degree and concentration period in Xinjiang, China. *International Journal of Climatology*, ۳۱(۱۱): ۱٦۷۹-۱٦۹۳.
Mann, H.B.; ۱۹٤٥. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, ۱۳: ۲٤٥-۲٥۹.
Martin-Vide, J.; ۲۰۰٤. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in Peninsular Spain**.** *International Journal of Climatology*, ۲٤: ۹٥۹-۹۷۱.
Michiels, P.; D. Gabriels, and R. Hartmann. ۱۹۹۲. Using the seasonal and temporal precipitation concentration index for characterizing the monthly rainfall distribution in Spain. *Catena*, ۱۹(۱): ٤۳-٥۸.
Oliver, J.E.; ۱۹۸۰, Monthly precipitation distribution: a comparative index. *The Professional Geographer*, ۳۲(۳): ۳۰۰-۳۰۹.
Panda, D.K.; A. Kumar, S. Ghosh, and R.K. Mohanty. ۲۰۱۳. Streamflow trends in the Mahanadi river basin (India), Linkages to tropical climate variability. *Journal of Hydrology*, ٤۹٥: ۱۳٥-۱٤۹.
Parajka, J.; S. Kohnová, R. Merz, J. Szolgay, K. Hlavčová, and G. Blöschl. ۲۰۰۹. Comparative analysis of the seasonality of hydrological characteristics in Slovakia and Austria. *Hydrological Sciences Journal*, **٥٤(۳): ٤٥٦-٤۷۳.**
Partal, T.; and E. Kahya. ۲۰۰٦. Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, ۲۰: **۲۰۱۱-۲۰۲٦.**
Scholz, G.; J.N. Quinton, and P. Strauss. ۲۰۰۸. Soil erosion from sugar beet in Central Europe in response to climate change induced seasonal precipitation variations**.** *Catena*, ۷۲: ۹۱-۱۰٥.
Serrano-Notivoli, R.; J. Martín-Vide, M.A. Saz, L.A. Longares, S. Beguería, P. Sarricolea, and M. De Luis. ۲۰۱۷. Spatio-temporal variability of daily precipitation concentration in Spain based on a high-resolution gridded data set. *International Journal of Climatology*, ۳۸(S۱): ٥۱۸-٥۳۰.
Singh, R.B.; ۲۰۱٤. Trends and variability of monsoon and other rainfall seasons in western Himalaya, India. *Atmospheric Sciences Letters*, ۱٥: ۲۱۸-۲۲٦.
Trenberth, K.E. ۱۹۹۸. Atmospheric moisture residence times and cycling: Implications for rainfall rates and climate change. *Climatic Change*, ۳۹(٤): ٦٦۷-٦۹٤.
Vali, M.; K. Shanti Sree, and V.M.K. Iyyanki. ۲۰۱۳. Analysis of precipitation concentration index and rainfall prediction in various agro-climatic zones of Andhra Pradesh, India**.** *International Research Journal of Environment Research*, ۲(٥): ٥۳-٦۱.
Walsh, R.P.D.; and D.M. Lawler. ۱۹۸۱. Rainfall seasonality: Description, spatial patterns and change through time. *Weather*, ۳٦(۷): ۲۰۱-۲۰۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]

Zamani, R.; R. Mirabbasi, M. Nazeri, , S.G. Meshram, and F. Ahmadi. ۲۰۱۸. Spatio-temporal analysis of daily, seasonal and annual precipitation concentration in Jharkhand state, India. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, ۳۲(٤): ۱۰۸٥-۱۰۹۷.
Zhang, K.; Y. Yao, X. Qian, and J. Wang, ۲۰۱۹. Various characteristics of precipitation concentration index and its cause analysis in China between ۱۹٦۰ and ۲۰۱٦. *International Journal of Climatology*, ۳۹(۱۲): ٤٦٤۸-٤٦٥۸.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.4.28.187]