دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی تغییرات مکانی شاخص تمرکز بارندگی و فرسایندگی باران در استان خوزستان

حسین اسلامی

استادیار گروه علوم آب، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران، (نویسنده مسوول: eslamyho@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۵/۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۶/۶/۱۴

چکیده

تغییرپذیری بارندگی و تاثیر آن بر منابع آب یک مساله اقلیمی مهم است. تغییرات بارندگی بین ماه‌های سال به عنوان شاخص تمرکز بارندگی تعریف می‌شود. ویژگی دیگر بارندگی که ارتباط مستقیمی با تمرکز بارندگی دارد، فرسایندگی باران است. هدف از این تحقیق بررسی شاخص‌های تمرکز بارندگی (PCI) و فرسایندگی باران (شاخص فورنیه اصلاح شده MFI) و تهیه نقشه تغییرات مکانی آنها است. لذا با استفاده از داده‌های بارندگی ۵۵ ایستگاه هواشناسی استان خوزستان، شاخص‌های تمرکز بارندگی و فورنیه اصلاح شده محاسبه شد. به‌منظور تهیه نقشه تغییرات مکانی، اطلاعات نقطه‌ای شاخص‌ها با استفاده از روش‌های مختلف قطعی و زمین‌آماری به اطلاعات ناحیه‌ای تبدیل گردید. نتایج نشان داد که روش کریجینگ معمولی با نوع گوسی، دارای بیشترین دقت برای میان‌یابی شاخص تمرکز بارندگی است و روش کریجینگ ساده با نوع گوسی بیشترین دقت برای میان‌یابی شاخص فورنیه اصلاح شده داشته است. بر اساس نقشه تغییرات مکانی شاخص تمرکز بارندگی بیشترین مقادیر شاخص تمرکز بارندگی در جنوب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود و کمترین مقادیر در شمال و شمال شرق استان خوزستان وجود دارد. شاخص تمرکز بارندگی از ۲۰ تا ۳۱ متغیر بود که نشان دهنده فصلی شدید بودن بارندگی است. شاخص فورنیه اصلاح شده بین ٤٩ تا ٢٢٤ متغیر است که در شمال شرق استان خوزستان بیشترین مقدار و در جنوب و جنوب غربی کمترین مقدار را داراست. بطور کلی بارندگی در استان خوزستان محدود به چند ماه بوده و پراکنش یکنواختی ندارد.

واژه‌های کلیدی: میان‌یابی، تمرکز بارندگی، فورنیه اصلاح شده، زمین‌آمار

مقدمه

خصوصیات بارش مانند مقدار، تغییرپذیری، توزیع و فرسایندگی آن در منابع آب و مدیریت آن اهمیت زیادی دارند. معیارهای تغییرپذیری متوسط تاثیر مهمی بر منابع آب دارد به‌طوریکه هرچه تغییرپذیری بیشتر، مدیریت منابع آبی مشکلتر و گرانتر می‌شود (۱۶).

تیپ شناسی خاک و شدت فرآیندهای ژئومرفولوژیکی (۵) تولید رواناب (۲۶) زمان‌بندی و بزرگی جریانات در حوزه‌های بزرگ (۱۷) و بیلان آبی حوزه‌های درجه اول (۱۰) می‌توانند بوسیله تغییرپذیری بارندگی تحت تاثیر قرار گیرند.

تغییرپذیری بارندگی می‌تواند در زمان یا مکان اتفاق بیفتد. تغییرپذیری زمانی بارندگی هم مشتمل بر روند و تغییرات طولانی مدت بارندگی است و هم شامل تغییرات بارندگی درون‌سالی در ماه‌های مختلف می‌گردد. تغییرپذیری درون‌سالی بالا نشان‌دهنده شرایط اقلیمی خشک می‌باشد. تغییرات درون‌سالی بارندگی به عنوان شاخص تمرکز بارندگی[1] (PCI) شناخته می‌شود.

شاخص‌های مستقیمی برای ارزیابی تمرکز بارندگی وجود دارد که می‌تواند برای تامین اطلاعات تغییرپذیری و آنالیز و درک فرآیندهای هیدرولوژیکی بکار برود (۲). شاخص‌های مختلفی به این منظور بکار رفته و از بین این‌ها شاخص PCI (۲۱) پیشنهاد می‌شود، چرا که اطلاعاتی برمبنای تغییرپذیری طولانی مدت در مقدار بارش دریافتی فراهم می‌کند (۲،۸). اولیور (۲۱) با تغییر و اصلاح شاخص تنوع استخدام[2] گیبس – مارتین، شاخص PCI را ارائه کرد که مشخص‌کننده تمرکز ماهانه بارندگی در یک مقیاس است. ویژگی دیگر بارندگی که ارتباط تنگاتنگی با تمرکز بارندگی دارد، فرسایندگی باران است. این ویژگی در واقع پتانسیل باران برای فرسایش خاک را نشان می‌دهد.

فرسایش خاک یک مشکل مهم اجتماعی و اقتصادی و یک عامل ضروری در ارزیابی سلامتی و کارکرد اکوسیستم است. برای اتخاذ تصمیم مناسب به منظور کنترل فرسایش و کاهش اثرات آن، شناخت عوامل مؤثر و برآورد صحیح از میزان تلفات خاک بسیار مهم است. یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر فرسایش خاک، باران است.

تمرکز بارندگی در دوره خاص مانند سالانه و فصلی اثر مستقیمی بر فرسایندگی باران دارد. فرسایندگی باران در جایی که مقادیر بالای تمرکز بارندگی و بارندگی کل سالانه وجود دارد، شدیدتر است (۷).

فرسایندگی باران به عنوان پتانسیل باران برای فرسایش خاک تعریف می‌شود و تابعی از خصوصیات بارندگی می‌باشد (۱).

خلیلی و همکاران (۱۵) شاخص تمرکز بارش را در ۳۴ ایستگاه سینوپتیک در دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۱ محاسبه و روند تغییرات آن در دو مقیاس سالانه و فصلی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پهنه‌بندی شاخص مورد نظر در مقیاس سالانه نشان داد که پراکندگی بارندگی در دو زیر بازه ۲۵ ساله از الگوی یکسان پیروی می‌کند همچنین براساس نتایج حاصله، شاخص در مناطق مرکزی و جنوبی کشور نشان‌دهنده وجود بی نظمی زیاد بوده و در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه، تمرکز یکنواخت شاخص دیده نشد. همچنین در ۵۰ درصد ایستگاه‌ها روند افزایشی در مقدار شاخص دیده شد.

دی لوییس و همکاران (۷) در ایبرین پنینسولای اسپانیا شاخص تمرکز بارش (PCI) و شاخص فورنیه اصلاح شده

1- Precipitation Concentration Index

2- Employment Diversification

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]

(MFI) را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که اگرچه کاهش‌هایی در بارش سالانه وجود داشته اما افزایش‌هایی هم در تمرکز بارش دیده شده است و تغییرات مکانی این روندها زیاد است و تغییرات در فرسایندگی باران الگوی مکانی پیچیده‌ای را نشان می‌دهد و بطور کلی کاهش در فرسایندگی باران در شرایط نیمه خشک مشخص گردید. در حالی که افزایش‌ها عمدتا در نواحی خشک و نیمه مرطوب اتفاق می‌افتد.

ری و همکاران (۲۲) توزیع و فرسایندگی باران در منطقه لس اندس در ونزوئلا را با آنالیز داده‌های بارندگی ماهانه از ۵۶ ایستگاه هواشناسی ارزیابی نمودند. شاخص فورنیه اصلاح شده MFI و شاخص تمرکز بارندگی PCI به ترتیب برای تعیین و ارزیابی فرسایندگی باران و توزیع باران محاسبه شدند. برای ترسیم و توضیح تغییرات مکانی شاخص‌ها روش میان‌یابی کریجینگ انجام شد. نتایج نشان داد که ناحیه تحت مطالعه فرسایندگی باران زیاد و بسیار زیادی در بیش از ۷۰٪ کل منطقه دارد در حالی که توزیع باران نسبتا فصلی بود. شای و همکاران (۲۴) تغییرات الگوهای زمانی مکانی بارندگی و تاثیر آن بر خطر سیل و خشکسالی را با استفاده از روند بارندگی سالانه و شاخص PCI در جنوب غرب چین بررسی نمودند.

قنیم و مگنونیف (۱۱) الگوهای زمانی مکانی تمرکز بارندگی را در ۲۰ ایستگاه در دوره ۲۰۱۳-۱۹۶۸ در حوزه کبیر رامل در شمال شرقی الجزایر بررسی نمودند. نتایج نشان‌دهنده فصلی رو به بی نظمی شاخص تمرکز بارندگی داشت. همچنین روند مثبت هرچند خیلی کوچک از نظر معنی‌داری در شاخص تمرکز بارندگی مشاهده گردید.

بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارش و شناخت روندهای معنی‌دار افزایشی، کاهشی و یا ثبات آن از اهمیت بالایی برخوردار است و با توجه به ویژگی‌های خاص مکانی (موقعیت جغرافیایی و شرایط توپوگرافی)، در هر منطقه، انطباق و با هم‌بینی تغییرات مکانی و زمانی و تهیه نقشه آن، کمک شایانی به برنامه‌ریزان محیطی برای برنامه‌ریزی‌های جامع‌تر خواهد نمود. بررسی تغییرات مکانی از طریق تعمیم دادن خصوصیات نقطه‌ای به کل یک منطقه امکان‌پذیر است و این کار از طریق استفاده از روش‌های میان‌یابی میسر است. روش‌های مختلفی برای میان‌یابی داده‌ها وجود دارند که از میان آن‌ها می‌توان به روش‌های اسپلاین، معکوس فاصله وزن‌دار، روش‌های رگرسیونی، روش‌های زمین‌آماری و ... اشاره نمود.

در روش‌های درون‌یابی سنتی، نتایج بدست آمده از اندازه‌گیری نمونه‌ها مستقل از موقعیت فضایی آن‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد. در حالیکه در زمین‌آمار علاوه بر مقدار یک کمیت معین در یک نمونه، موقعیت فضایی نمونه نیز مورد توجه قرار می‌گیرد (۱۴). در استان خوزستان بارندگی عموما در پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد و این بارندگی در زمان و مکان متغیر است و در این تحقیق که با هدف بررسی شاخص‌های تمرکز بارندگی و فرسایندگی باران و تخمین مکانی آنها و تهیه نقشه صورت می‌گیرد، روش های مختلف زمین آماری و غیر زمین‌آماری مورد بررسی قرار گرفته و بهترین روش میان‌یابی نیز مشخص می‌گردد.

مواد و روش‌ها

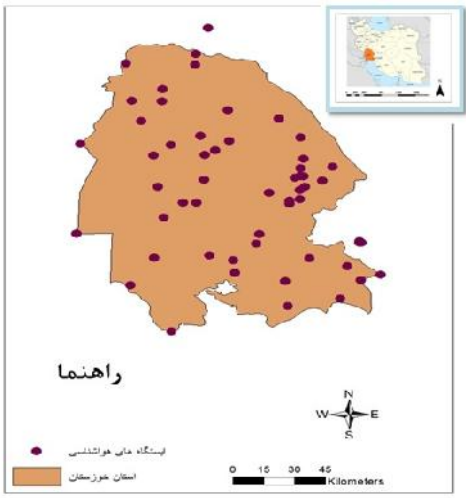
منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحت ۶۴۰۵۷ کیلومتر مربع در جنوب غربی ایران در کرانه خلیج فارس و اروندرود، در محدوده ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی قراردارد (شکل ۱). دو پنجم کل مساحت استان را مناطق کوهستانی و سه پنجم آن را مناطق جلگه‌ای تشکیل داده است. خوزستان با حجم ورودی بیش از ۳۳ میلیارد مترمکعب آب در سال و دارا بودن ۳ میلیارد مترمکعب آب ذخیره شده در سفره‌های آب زیرزمینی، از موقعیت ممتازی در کشور برخوردار است. استان خوزستان علیرغم داشتن تنها ۴ درصد از مساحت کشور، بیش از ۳۰ درصد از آب‌های سطحی کشور را در خود جای داده است.

کارون، بزرگ‌ترین و پرآبترین رود ایران، در استان خوزستان جاری است. میانگین بارش سالانه استان از ۱۵۰ میلی‌متر در جنوب غربی تا حدود ۱۰۰۰ میلی‌متر در شمال شرقی متغیر است. متوسط بارندگی سالیانه در استان حدود ۲۲۶ میلی‌متر و دوره بارندگی معمولا بین مهر ماه تا اردیبهشت ماه است. فصل گرما در این استان از اردیبهشت آغاز می‌شود و تا مهر ماه ادامه دارد. متوسط درجه حرارت در این دوره ۳۱/۲ درجه و متوسط درجه حرارت در زمستان ۱۴/۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. شمال و شمال شرق استان تحت تأثیر آب و هوای کوهستانی قرار دارد و دارای زمستان نسبتاً سرد، پربارش و تابستان معتدل است. بخش کوهپایه‌ای استان دارای آب و هوای نیمه خشک است. سایر مناطق استان در جنوب و غرب تحت تأثیر آب و هوای گرم و خشک قرار دارند. در این مناطق به دلیل ارتفاع کم، دمای هوا و میزان تبخیر افزایش می‌یابد اما مقدار بارش کمتر می‌شود. زمستان کوتاه و معتدل و تابستان بسیار گرم و طولانی از ویژگی‌های این نوع آب و هواست. در این تحقیق آمار بارندگی ماهانه و سالانه مورد استفاده از دو سازمان هواشناسی و آب و برق استان خوزستان جمع‌آوری شده‌اند.

دوره آماری ایستگاه‌ها با توجه به تاسیس در سال‌های مختلف، از سال تاسیس تا سال ۱۳۹۳ بود. برای باز سازی و رفع نواقص آماری از روش همبستگی استفاده شد. در نهایت ۵۳ ایستگاه هواشناسی انتخاب شد که مشخصات ایستگاه‌های انتخابی در جدول ۱ نشان داده شده است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان خوزستان و ایستگاه‌های هواشناسی
Figure 1. Location of Khouzestan Province and meteorological stations

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی استان خوزستان
Table 1. Characteristics of meteorological stations of Khouzestan Province

نام ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	متوسط بارندگی سالانه (mm)	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	متوسط بارندگی سالانه (mm)
آب شیرین	۵۰°۲۵'	۳۰°۳۰'	۳۴۰	در خزینه	۴۸°۵۹'	۳۱°۵۴'	۲۸۴
اهواز	۴۸°۴۱'	۳۱°۱۹'	۲۳۱	تله زنگ	۴۸°۴۶'	۳۲°۴۹'	۹۰۱
ایدنک	۵۰°۲۴'	۳۰°۵۵'	۶۴۵	حرمله	۴۸°۳۳'	۳۱°۵۷'	۲۵۰
ایذه	۴۹°۵۱'	۳۱°۴۸'	۶۲۶	ملا ثانی	۴۸°۵۲'	۳۱°۳۵'	۲۳۸
بارانگرد	۴۹°۴۸'	۳۱°۴۲'	۶۵۸	دارخوین	۴۸°۲۵'	۳۰°۴۴'	۱۶۰
لالی	۴۹°۰۵'	۳۲°۱۹'	۶۳۱	فارسیات	۴۸°۳۰'	۳۱°۱۰'	۱۸۰
سد دز	۴۸°۲۶'	۳۲°۳۲'	۴۶۱	مال آقا	۵۰°۰۲'	۳۱°۳۵'	۷۸۳
چم گز	۵۳°۴۹'	۳۲°۵۶'	۵۰۱	چشمه شیرین	۴۹°۴۹'	۳۱°۳۸'	۶۱۷
عبدالخان	۴۸° ۲۲'	۳۱°۴۹'	۲۳۹	جوکنک	۴۹°۴۳'	۳۱°۲۰'	۳۳۰
حمیدیه	۴۸° ۲۵'	۳۱°۲۹'	۲۷۶	ده سادات	۴۹°۴۹'	۳۱°۲۹'	۳۹۲
پل شالو	۵۰°۰۷'	۳۱° ۴۳'	۸۲۶	چم نظام	۴۹°۵۵'	۳۰°۴۵'	۳۷۵
سد شهید عباسپور	۴۹° ۳۵'	۳۲°۱۴'	۷۳۶	مشراگه	۴۹°۲۶'	۳۱°۰۰'	۲۱۹
گتوند	۴۸°۴۸'	۳۱°۱۹'	۳۸۰	کمپ جراحی	۴۹°۱۱'	۳۰°۴۳'	۱۷۵
تنگ پنج بختیاری	۴۸°۴۵'	۳۲°۵۵'	۹۶۵	رامشیر	۴۹°۲۴'	۳۰°۵۴'	۲۳۸
دزفول	۴۸°۲۶'	۳۲°۲۴'	۳۵۰	گرگر	۴۸°۵۷'	۳۰°۴۶'	۲۱۲
عرب حسن	۴۸°۵۳'	۳۱°۵۱'	۲۵۹	ماهشهر	۴۹°۱۲'	۳۰°۳۵'	۲۵۱
باغملک	۴۹°۵۲'	۳۱°۳۱'	۵۷۶	میداوود	۴۹°۴۹'	۳۱°۲۳'	۳۶۶
ماشین	۴۹°۴۳'	۳۱°۲۲'	۳۲۴	زیدون سردشت	۵۰°۱۳'	۳۰°۱۹'	۳۰۹
سد شهدا بهبهان	۵۰°۱۷'	۳۰°۴۰'	۳۵۶	هندیجان	۴۹°۴۳'	۳۰°۱۴'	۲۱۱
ده ملا	۴۹°۴۱'	۳۰°۳۰'	۲۱۵	پا قلعه	۵۰°۲۵'	۳۰°۵۵'	۵۸۹
بوزی شادگان	۵۰°۲۴'	۳۰°۵۵'	۲۰۳	سوسن	۴۹°۴۹'	۳۲°۰۳'	۹۵۰
دلی بختیار	۴۹°۴۶'	۳۱°۳۷'	۳۷۱	پای پل	۴۸°۰۸'	۳۲°۲۴'	۲۹۸
هفتگل	۴۹°۳۱'	۳۱°۲۷'	۳۹۱	خرمشهر	۴۸°۱۰'	۳۰°۲۶'	۱۶۲
هفت تپه	۴۸° ۳۱'	۳۲°۰۴'	۳۱۶	شوش	۴۸°۱۵'	۳۲°۱۲'	۳۰۳
پل زال	۴۸°۰۵'	۳۲°۴۹'	۳۷۹	قلعه تل	۴۹°۵۱'	۳۱°۳۸'	۶۳۲
بتوند	۴۹°۰۷'	۳۲°۰۰'	۲۸۴	سپید دشت	۴۸°۵۳'	۳۳°۱۳'	۵۰۷
شوشتر	۴۸°۵۱'	۳۲°۰۳'	۳۱۲				

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]

شاخص تمرکز بارندگی

اولیور (۲۱) با تغییر و اصلاح شاخص تنوع اشتغال گیبس-مارتین[1]، شاخص تمرکز بارندگی (PCI) را ارائه کرد که مشخص‌کننده تمرکز ماهانه بارندگی در یک مقیاس است (۲۱). شاخص تمرکز بارندگی بوسیله دی لوییس و همکاران (۹) اصلاح و مورد استفاده قرار گرفت که شامل:

$$PCI = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{\left(\sum_{i=1}^{12} p_i\right)^2} \qquad (۱)$$

P_i: مقدار بارش ماه iام است. اگر این فرمول در ۱۰۰ ضرب شود، اولیور (۲۱) نتیجه گیری می‌کند که شاخص تمرکز بارندگی با مقدار کمتر از ۱۰یک توزیع بارندگی یکنواخت را نشان می‌دهد، مقادیر ۱۱تا ۱۵ به یک توزیع نسبتا فصلی اختصاص می‌یابد و مقادیر ۱۵ تا ۲۰ دارای توزیع فصلی بوده و مقادیر شاخص بیشتر از ۲۰ نشان دهنده اثرات شدید فصلی با مقادیر فزاینده نشانگر تمرکز بارندگی ماهانه افزایشی است(۶). این شاخص از کمتر از ۱۰ تا ۱۰۰ متغیر است وقتی همه بارندگی سال فقط در یک ماه اتفاق بیفتد مقدار شاخص PCI برابر با ۱۰۰خواهد بود. کمترین مقدار تئوری شاخص PCI برابر با ۸/۳ است که نشان‌دهنده همگنی کامل در توزیع بارندگی است و بارندگی بطور مساوی در همه ماه‌ها اتفاق می‌افتد.

شاخص فرسایندگی باران فورنیه اصلاح شده

فورنیه با بررسی داده‌های ۷۸ حوزه آبخیز رابطه مستقیمی را بین میانگین سالانه رسوب و نسبت p_m^2/p بدست آورد. این نسبت اصطلاحاً شاخص فورنیه نامیده می‌شود. یکی از اشکالات شاخص فورنیه این است که توزیع ماهانه بارندگی را در سال در نظر نمی‌گیرد به همین دلیل اگر تعداد بارندگی‌های فرسایش‌زا در سال افزایش یابد مقدار این شاخص تغییر نمی‌کند. به‌منظور رفع این اشکال آرنولدوس (۳) شاخص فورنیه را به صورت زیر اصلاح نمود:

$$MFI = \frac{\sum_{i=1}^{12} p_i^2}{p} \qquad (۲)$$

که در آن MFI شاخص فورنیه اصلاح شده (میلی‌متر)، P_i متوسط بارندگی برای ماه i ام (میلی‌متر) و P متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر) است (۳). در جدول ۲ طبقه‌بندی شاخص فورنیه اصلاح شده ارائه شده است.

جدول ۲- درجه‌بندی شاخص فورنیه اصلاح شده

Table 2. MFI classification

کلاس	شرح	حدود
۱	خیلی کم	<۶۰
۲	کم	۶۰ – ۹۰
۳	متوسط	۹۰ – ۱۲۰
۴	زیاد	۱۲۰ – ۱۶۰
۵	خیلی زیاد	>۱۶۰

شاخص فورنیه اصلاح شده و شاخص تمرکز بارندگی با استفاده از بارندگی ماهانه محاسبه می‌شود و اصولا شاخص فورنیه اصلاح شده به عنوان حاصلضرب کل بارندگی سالانه (P_t) در شاخص تمرکز بارندگی بیان می‌شود (۲):

$$MFI = P_t \,.\, PCI \qquad (۳)$$

بر طبق این رابطه فرسایندگی باران جاهاییکه مقادیر بالای تمرکز بارندگی و بارندگی کل سالانه وجود دارد، شدیدتر است (۷).

روش‌های میان یابی

روش‌های میان‌یابی به دو دسته کلی قطعی و زمین‌آماری تقسیم‌بندی می‌گردند. از دسته اول روش‌های توابع شعاعی پایه و عکس فاصله وزن‌دار و از دسته زمین‌آماری روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ انتخاب شدند. در روش توابع شعاعی پایه از توابع ریاضی برای حداقل سازی انحنا و نوسانات سطحی متغیر استفاده می‌شود. پارامترهای توابع ریاضی مورد استفاده به نحوی تنظیم می‌شوند که سطح کلی برآورد شده با دارا بودن حداقل انحنا از نقاط اندازه‌گیری شده عبور کند. در روش عکس فاصله وزن‌دار، وزن تابعی از عکس فاصله است و نقاط نزدیک‌تر تاثیر بیشتری در برآورد نقطه مجهول دارند.

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار می‌باشد. این تخمین‌گر به عنوان بهترین تخمین‌گر خطی نا اریب شناخته می‌شود. از مهم‌ترین ویژگی‌های کریجینگ این است که به ازای هر تخمین خطای مرتبط با آن را می‌توان محاسبه کرد. بنابراین برای هر مقدار تخمین زده شده، می‌توان دامنه اطمینان آن تخمین را محاسبه نمود. در حالیکه روش‌های کلاسیک این کارایی را ندارد (۱۴). در روش کریجینگ برای تخمین نقاط مجهول از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$V^*(x_0)=\sum W_i.V(x_i) \qquad (۴)$$

$V^*(x_0)$ مقدار تخمینی متغیر تصادفی در نقطه مجهول، $V(x_i)$ مقدار متغیر تصادفی در نقطه معلوم و W_i وزن اختصاص یافته به هر داده است.

برای انتخاب مناسبترین روش میان‌یابی از روش ارزیابی متقابل[1] استفاده می‌شود. در این روش در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف و با استفاده از بقیه نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می‌شود. برای ارزیابی میزان دقت و خطا از معیارهای MAE و RMSE استفاده می‌شود که عبارتند از:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left[Z^*(xi) - Z(xi)\right]^2}{n}} \qquad (۷)$$

$$\text{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|(Z^*(x_i) - Z(x_i)\right| \qquad (۸)$$

1- Gibbs-Martin Index of Employment Diversification

MAE میانگین قدر مطلق خطا، RMSE ریشه دوم میانگین مربع خطا، $Z^*(x_i)$ مقادیر برآورد شده متغیر x در نقطه i، $Z(x_i)$ مقادیر مشاهده شده متغیر x در نقطه i و n تعداد متغیر مشاهده شده است که هر اندازه این معیارها به صفر نزدیک‌تر باشند نشان‌دهنده اختلاف کمتر مقادیر برآوردی نسبت به مقادیر مشاهده‌ای است.

نتایج و بحث

در این تحقیق برای بررسی فرسایندگی باران و شاخص تمرکز بارندگی در استان خوزستان از نظر مکانی و ارائه نقشه در استان خوزستان ابتدا شاخص فرسایندگی باران (شاخص فورنیه اصلاح شده MFI[1]) و شاخص تمرکز بارندگی (PCI) در ایستگاه های هواشناسی محاسبه گردید. سپس با استفاده از روش‌های میان‌یابی این شاخص‌ها در تمام ایستگاه‌ها میان‌یابی گردید. در نهایت با ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی و انتخاب بهترین روش میان‌یابی، نقشه هم فرساینده و نقشه شاخص تمرکز بارندگی در استان تهیه شد. شاخص‌های PCI و MFI با استفاده از روابط و روش‌های ذکر شده مورد محاسبه قرار گرفتند. آماره‌های توصیفی شاخص‌های PCI و MFI در ایستگاه‌های هواشناسی در طی دوره آماری ابتدای تاسیس ایستگاه تا سال ۱۳۹۳ در جدول ۳ ارائه گردیده است. ضریب چولگی در هر دو مورد زیر یک می‌باشد و با توجه به کم بودن چولگی و آزمون کلموگراف اسمیرنوف هر دو شاخص از توزیع نرمال تبعیت می‌کند. لازم به ذکر است که شرط نرمال بودن داده‌ها فقط برای روش‌های درون‌یابی زمین‌آماری بوده وبرای روش‌های معکوس فاصله وزنی و توابع پایه شعاعی شرط نمی‌باشد.

پس از محاسبه شاخص‌ها در هر ایستگاه به شکل نقطه‌ای، برای تهیه نقشه‌های منطقه‌ای، نیاز به درون‌یابی اطلاعات نقطه‌ای و تبدیل به اطلاعات ناحیه‌ای می‌باشد. در این تحقیق از روش‌های معکوس فاصله وزن‌دار، توابع شعاعی پایه و روش زمین‌آماری کریجینگ معمولی و کریجینگ ساده استفاده گردید. نتایج ارزیابی روش‌های مختلف میان‌یابی برای تهیه نقشه شاخص‌ها در جداول ۴ و ۵ ارائه شده است. با توجه به MAE و RMSE برای میانیابی شاخص‌ها، روش کریجینگ ساده از نوع گوسی کمترین خطا را در میان‌یابی شاخص فورنیه اصلاح شده داشته است. همچنین جدول ۵ نشان می‌دهد که روش کریجینگ معمولی با مدل گوسی بیشترین دقت برای میان‌یابی شاخص تمرکز بارندگی را داراست. بطور کلی روش زمین‌آماری نتایج بهتر و دقیق‌تری در میان‌یابی شاخص‌ها ارائه کرده است.

جدول ۳- آماره های توصیفی شاخص‌های PCI و MFI درایستگاه های هواشناسی

Table 3. Descriptive statistics of PCI and MFI indices of meteorological stations

متغیر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات (٪)	حداقل	حداکثر	چولگی	کشیدگی
PCI	۲۵/۹	۲/۷	۱۰/۴	۲۰/۱	۳۱/۲	۰/۰۶	۲/۵
MFI	۱۱۱/۴	۴۴/۶	۴۰	۴۹/۲	۲۲۴/۴	۰/۸۳	۲/۶

جدول ۴- نتایج ارزیابی روش‌های میان‌یابی برای شاخص فورنیه اصلاح شده

Table 4. Results of interpolation methods evaluation for MFI index

روش میان یابی			MAE	RMSE
روش زمین‌آماری	کریجینگ ساده	Simple kriging	-۰/۲۰۱	۲۷/۵۳
	کریجینگ معمولی	Ordinary kriging	-۱/۳۷	۲۷/۶۰
روش‌های قطعی	توابع شعاعی پایه	Completely regularized spline	-۲/۲۰۸	۳۱/۱۰
		Spline with tension	-۲/۲۱۸	۳۱/۰۹
		Multiquadratic	-۱/۰۶۶	۳۱/۲۴
		Inverse Multi quadratic	-۳/۷۹۲	۳۵/۰۳
		Thin plate spline	-۲/۶۶۸	۵۴/۳۰
	عکس فاصله وزن دار	IDW1	-۲/۹۲۱	۳۳/۲۱
		IDW2	-۲/۸۷۷	۳۱/۷۴
		IDW3	-۳/۱۴۱	۳۲/۴۱

جدول ۵- نتایج ارزیابی روش‌های میان‌یابی برای شاخص تمرکز بارندگی

Table 5. Results of interpolation methods evaluation for PCI index

روش میان یابی			MAE	RMSE
روش زمین‌آماری	کریجینگ ساده	Simple kriging	۰/۳۵۲	۳/۸۶۶
	کریجینگ معمولی	Ordinary kriging	۰/۰۶۱	۱/۶۴
روش‌های قطعی	توابع شعاعی پایه	Completely regularized spline	۰/۱۱۸	۱/۷۹۱
		Spline with tension	۰/۱۱۲	۱/۷۸۷
		Multiquadratic	۰/۱۷۱	۱/۸۳۸
		Inverse Multi quadratic	۰/۰۹۵	۱/۹۱۶
		Thin plate spline	۰/۳۲۸	۲/۷۷۸
	عکس فاصله وزن‌دار	IDW1	۰/۱۲۳	۱/۸۴۴
		IDW2	۰/۱۸۰	۱/۸۵۱
		IDW3	۰/۲۲۵	۱/۹۲۱

1- Cross Validation

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]

در این تحقیق از روش‌های زمین‌آماری کریجینگ معمولی و کریجینگ ساده در چهار نوع، جهت میان‌یابی استفاده شد. به منظور استفاده از این روش ابتدا باید عملیات واریوگرافی انجام گیرد و مدل مناسب تئوری به واریوگرام‌های تجربی برازش یابد و سپس با توجه به مدل مناسب برازش یافته میان‌یابی انجام گیرد. مدل‌های مورد بررسی شامل دایره‌ای، کروی، نمائی و گوسی است. مشخصات مدل برازش داده شده بر تغییر نمای تجربی شاخص فورنیه اصلاح شده در روش کریجینگ ساده و معمولی در جدول ۶ ارائه شده است. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه یا درصد خطای اندازه‌گیری در کریجینگ ساده نوع گوسی ۲۶/۳ درصد و در کریجینگ معمولی نوع گوسی ۵۲ درصد می‌باشد که خطای نسبتا متوسطی است (جدول ۶). این اعداد نشان دهنده همبستگی مکانی متوسط و ضعیف به ترتیب برای روش‌های کریجینگ ساده و معمولی می باشد.

جدول ۶- مشخصات مدل برازش داده شده بر داده‌های شاخص فورنیه اصلاح شده

Table 6. Characteristics of fitted model on MFI index

مدل برازش یافته	روش میان‌یابی	شعاع تاثیر (متر)	آستانه	اثر قطعه‌ای	خطای اندازه گیری (درصد)
دایره‌ای	کریجینگ معمولی	۱۰۶۸۳۶	۹۸۳/۱۳	۸۷۰/۹۳	۴۷
	کریجینگ ساده	۱۶۸۴۲۰	۰/۸۹۵	۰/۲۷	۲۳/۲
کروی	کریجینگ معمولی	۱۶۱۱۹۱	۱۴۸۵/۸۸	۷۰۰/۴۴	۳۲
	کریجینگ ساده	۱۹۵۲۹۷	۰/۹۰۱	۰/۲۷۵	۲۳/۴
نمایی	کریجینگ معمولی	۳۰۶۱۸۸	۱۹۳۴/۷۶	۶۵۳/۷۴	۲۵/۳
	کریجینگ ساده	۳۰۶۱۸۸	۰/۸۲۱	۰/۳۸۶	۳۲
گوسی	کریجینگ معمولی	۶۴۵۰۷	۷۰۹/۷۳	۷۶۹/۵۳	۵۲
	کریجینگ ساده	۱۱۷۲۷۵	۰/۷۶۹	۰/۲۷۴	۲۶/۳

مشخصات مدل برازش داده شده بر تغییر نمای تجربی شاخص تمرکز بارندگی در روش کریجینگ ساده و معمولی در جدول ۷ ارائه شده است. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه یا درصد خطای اندازه‌گیری در کریجینگ ساده نوع گوسی ۴۴/۳ درصد و در کریجینگ معمولی نوع گوسی ۴۴/۵ درصد می باشد که خطای نسبتا متوسطی است (جدول ۷). این اعداد نشان دهنده همبستگی مکانی متوسط برای روش‌های کریجینگ ساده و معمولی می باشد.

جدول ۷- مشخصات مدل برازش داده شده بر داده‌های شاخص تمرکز بارندگی

Table 7. Characteristics of fitted model on PCI index

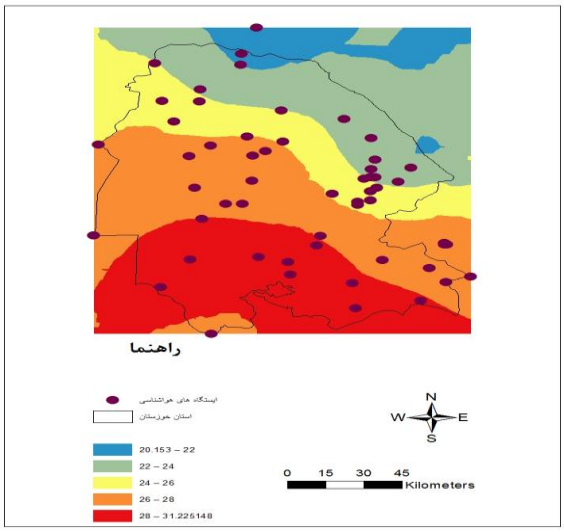
مدل برازش یافته	روش میان‌یابی	شعاع تاثیر (متر)	آستانه	اثر قطعه‌ای	خطای اندازه گیری (درصد)
دایره‌ای	کریجینگ معمولی	۱۵۵۹۷۳	۳/۰۶	۳/۵۲۴	۵۳/۵
	کریجینگ ساده	۱۴۶۸۴۳	۰/۵۳۷	۰/۴۱۴	۴۴/۵
کروی	کریجینگ معمولی	۲۱۴۳۸۰	۳/۳۷۴	۳/۸۷۴	۵۳/۴
	کریجینگ ساده	۱۸۸۹۷۶	۰/۵۸۱	۰/۴۱۸	۴۱/۸
نمایی	کریجینگ معمولی	۳۰۶۱۸۸	۰/۶۳۲	۵/۷۵۸	۹۰/۱
	کریجینگ ساده	۲۳۰۲۲۱	۰/۵۹۲	۰/۴۳	۴۲/۱
گوسی	کریجینگ معمولی	۱۱۱۶۲۷	۳/۴۱۵	۲/۷۴	۴۴/۵
	کریجینگ ساده	۱۳۴۵۰۷	۰/۵۴۴	۰/۴۳۴	۴۴/۳

شاخص تمرکز بارندگی با استفاده از بهترین روش میان‌یابی که روش کریجینگ معمولی بود در محیط نرم افزار ARC GIS، میان یابی شد. نتایج حاصل از این تحقیق تایید کننده اهمیت استفاده از روش‌های مناسب میان‌یابی است. نتایج این تحقیق با ملو و همکاران (۱۸) و بهزادفر و همکاران (۴) که با استفاده از روش کریجینگ معمولی و کریجینگ ساده نقشه هم فرسایندگی را رسم نمودند، هم سویی دارد. تاج علی پور و همکاران (۲۵) ، شش انگشت و همکاران (۲۳)، نورزاده حداد (۲۰) و گورتس (۱۲) نیز با بررسی روش‌های مختلف میان‌یابی روش کوکریجینگ را برای میانیابی شاخص‌های فرسایندگی مناسب تشخیص دادند. حکیم خانی و همکاران (۱۳) نیز روش کریجینگ را برای میان‌یابی شاخص فورنیه اصلاح شده و فورنیه مناسب تشخیص دادند. ری و همکاران (۲۲) برای ترسیم و توضیح تغییرات مکانی شاخص فورنیه اصلاح شده و شاخص تمرکز بارندگی PCI روش میان‌یابی کریجینگ را مورد استفاده قرار دادند.

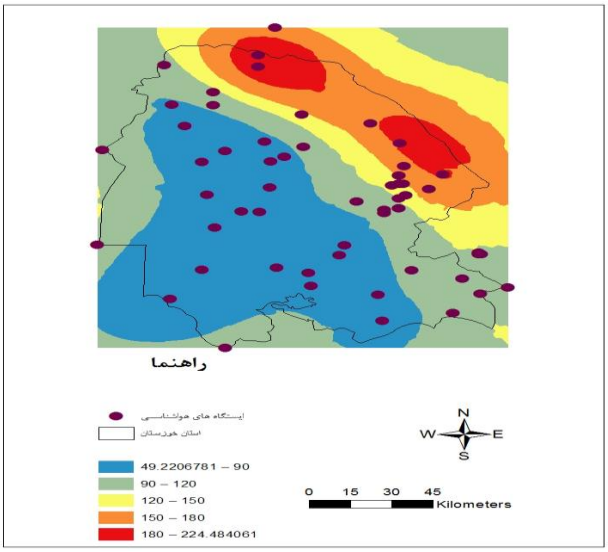
شکل ۲ نشان می‌دهد که شاخص تمرکز بارندگی در محدوده استان خوزستان در طبقه ۲۰ تا ۵۰ متغیر است که در طبقه با نوع بارندگی فصلی شدید قرار می‌گیرد که نشانگر این است که بارندگی در طی سال پراکنش مناسبی ندارد و بی نظمی در بارش وجود دارد و کمتر از ۶ ماه پراکنش دارد اما به ۴ ماه نمی‌رسد. شکل ۳ نقشه فرسایندگی باران را با استفاده از شاخص فورنیه اصلاح شده و روش میان‌یابی کریجینگ ساده نوع گوسی نشان می‌دهد. دلیل انتخاب روشهای زمین‌آماری به علت وابستگی مکانی بالای متغیرهای مورد بررسی بوده است. محمدی (۱۹) با استفاده از شاخص فورنیه نقشه فرسایندگی باران را برای کل کشور تهیه نموده است و نتایج این تحقیق حاکی از این مطلب است که بخشهای میانی، شمال و شمال غربی کشور دارای شاخص فرسایندگی کمتری است. در عین حال شاخص فرسایندگی به سمت شمال و جنوب کشور افزایش می یابد.

با توجه به نقشه بیشترین مقادیر فرسایندگی باران (شاخص MFI) درشمال شرق و شمال منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود و کمترین مقادیر فرسایندگی در جنوب، جنوب غربی و کمی از مرکز استان خوزستان وجود دارد.

1- Modified Fournier Index



شکل ۲- نقشه تغییرات مکانی شاخص تمرکز بارندگی با استفاده از روش میان یابی کریجینگ معمولی
Figure 2. Spatial variation map of PCI using ordinary Kriging method



شکل ۳- نقشه تغییرات مکانی شاخص فورنیه اصلاح شده با استفاده از روش میان‌یابی کریجینگ ساده
Figure 3. Spatial variation map of MFI using simple Kriging method

بررسی تغییرات مکانی خصوصیات بارندگی برای برنامه‌ریزی‌های آینده دارای اهمیت فراوانی می‌باشد. دراین تحقیق با استفاده از روش‌های زمین‌آماری و قطعی پهنه‌بندی شاخص‌های تمرکز بارندگی و فورنیه اصلاح شده برای بررسی تغییرات مکانی با درنظر گرفتن دوره آماری سال تاسیس تا سال ۱۳۹۳ انجام شده است. برای نیل به این هدف، ابتدا نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادکه توزیع داده‌ها نرمال می‌باشد. بعد از تشخیص تناسب داده‌ها، روش‌های زمین‌آماری و قطعی با در نظر گرفتن توابع مختلف در هریک از روش‌ها، ارزیابی شد و درنهایت براساس روش ارزیابی متقابل و معیارهای ارزیابی ریشه میانگین مربع خطا (RMSE) و میانگین قدر مطلق خطا (MAE)، روش و تابع مناسب انتخاب شد. از بین روش های میان‌یابی زمین‌آماری و قطعی استفاده شده در این تحقیق، روش کریجینگ ساده و کریجینگ معمولی از دقت بیشتری نسبت به سایرروش‌های میان یابی به ترتیب برای شاخص فورنیه اصلاح شده و تمرکز بارندگی برخوردار است نتایج حاصل از این تحقیق تایید کننده اهمیت استفاده از روش‌های مناسب میان‌یابی است.

بطور کلی روش‌های میان‌یابی بسته به نوع متغیر و همچنین ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه، تراکم نقاط اندازه گیری و نحوه آرایش آنها، دقت متفاوتی را ارائه می‌کنند و نمی‌توان نتایج یک منطقه را به راحتی به منطقه‌ای دیگر تعمیم داد. لذا لازم است که برای هر منطقه و هر متغیر، بررسی‌های جداگانه انجام گرفته تا یک روش مناسب برای منطقه مورد نظر و پارامتر مورد بررسی حاصل گردد اما چنانچه یک مدل خاص برای چندین محل مناسب تشخیص داده شد، می‌توان نتیجه گرفت که آن مدل می‌تواند با اطمینان زیادی برای شرایط مشابه دیگر نیز، مورد استفاده

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]
[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]

واقع شود.

نتایج بررسی شاخص تمرکز بارندگی و نقشه طبقه‌بندی این شاخص نشان داد که بارندگی در استان خوزستان فصلی شدید بوده و بارندگی محدود به چند ماه خاص می‌گردد و مقدار شاخص تمرکز بارندگی از ۲۰ تا ۳۱ متغیر است.

نقشه تغییرات مکانی شاخص تمرکز بارندگی معمولی نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر شاخص تمرکز بارندگی (PCI) در جنوب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود که شامل مناطق گرم و خشک می شود و کمترین مقادیر در شمال شرق استان خوزستان وجود دارد که به خاطر بارندگی بیشتر و اقلیم نیمه خشک است.

بررسی شاخص فرسایندگی باران با استفاده از شاخص فورنیه اصلاح شده و تهیه نقشه طبقه‌بندی این شاخص با استفاده از روش کریجینگ ساده نشان داد که مقدار این شاخص در محدوده استان خوزستان بین ۴۹ تا ۲۲۴ متغیر است و این محدوده نشانگر فرسایندگی خیلی کم تا زیاد است. نقشه فرسایندگی باران با استفاده از شاخص فورنیه اصلاح شده نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر فرسایندگی باران (شاخص MFI) درشمال شرق و شمال منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود و کمترین مقادیر فرسایندگی در جنوب، جنوب غربی و مرکز استان خوزستان وجود دارد. مناطق شمال شرقی و شمالی خوزستان به دلیل بارندگی بیشتر، دارای مقدار فرسایندگی باران بیشتری نسبت به سایر نقاط استان خوزستان هستند.

منابع

1. Abd Elbasit, M.A.M., H. Yasuda, A. Salmi and H. Anyoji. 2010. “Characterization of rainfall generated by dripper-type rainfall simulator using piezoelectric transducers and its impact on splash soil erosion,” Earth Surface Processes and Landforms, 35(4): 466-475.
2. Apaydin, H., G. Erpul, I. Bayramin and D. Gabriels. 2006. Evaluation of indices for characterizing the distribution and concentration of precipitation: A case for the region of Southeastern Anatolia Project, Turkey, Journal of Hydrology, 328: 726-732.
3. Arnoldus, H.M. 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In Assessments of Erosion, de Boodts M, Gabriels D (eds). John Wiley and Sons Ltd, Chichester, 127–132.
4. Behzadfar, M., H. Hassanzadeh and M. Saberi. 2009. Study erosivity index of Fournier in North Khorasan Province. Fifth National Conference on Science and Watershed Engineering of Iran, Gorgan (In Persian).
5. Ceballos, A., J. Martinez- Fernandez and M.A. Luengo- Ugidos. 2004. Analysis of rainfall trends and dry periods on a pluviometric gradient representative of Mediterranean climate in the Duero Basin, Spain. Journal of Arid Environments, 58: 214-232.
6. Daniela, S. and N. Stelian. 2012. The intra-annual and seasonal regime of precipitationin Targu Jiu depressin (Gorjului Subcarpathians) over the 1961-2007 period, Fascicula Protecţia Mediului, 18: 476-484.
7. De Luis, M., J.C. Gonzalez-Hidalgo, and L.A. Longares. 2009. Is rainfall erosivity increasing in the Mediterranean Iberian Peninsula?. Land Degradation Development, 21: 139-144, doi:10.1002/ldr.918, 2010b.
8. De Luis, M., J. Gonz´alez-Hidalgo, M. Brunetti and L.A. Longares. 2011. Precipitation concentration changes in Spain 1946–2005. Natural Hazards and Earth System Sciences, 11: 1259-1265, 2011,doi:10.5194/nhess-11-1259-2011
9. De Luis, M, M.F. Garcı´a-Cano, J. Cortina, J. Ravento´s, J.C. Gonza´lez-Hidalgo and J.R. Sa´nchez, 2001. Climatic trends, disturbances and short-term vegetation dynamics in a Mediterranean shrubland. Forest Ecology and Management, 147: 25-37.
10. Everson, C.S. 2001. The water balance of a first order catchment in the montane grasslands of South Africa. Journal of Hydrology, 241: 110-123.
11. Ghenim, A.N. and A. Megnounif. 2016. Spatial distribution and temporal trends in daily and monthly rainfall concentration indices in Kebir-Rhumel Watershed. Larhyss Journal, 26, 85-97.
12. Goovaerts, P. 1999.Using elevation to aid the geostatistical mapping of rainfall erosivity. Catena, 34: 227-242.
13. Hakimkhani, S.H., M.M. Mahdian, M. Arab Khedri and D. Ghorbanpour, 2005. Rainfall erosivity on a nationwide survey using Modified Fournier. Third National Seminar on Sediment, Soil Conservation and Watershed Management Research Center, 281-288 (In Persian).
14. Hasani Pak, A. 2013. Geostatistics. Tehran University Press, 314 (In Persian).
15. Khalili1, K., M. Nazeri Tahrudi and F. Ahmadi. 2015. Application of PCI Index in the Annual and Seasonal Rainfall Pattern Investigation and Trend Analysis of Iran Duration the Recent Half Century. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 9(1): 195-208 (In Persian).
16. Klemes, V. 1973. Application of hydrology to water resource management. World Meteorological Organization, Geneva
17. Koren, V.I., B.D. Finnerty, J.C. Schaake, M.B. Smith, D.J. Seo and Q.Y. Duan. 1999. Scale dependencies of hydrologic models to spatial variability of precipitation, Journal of Hydrology, 217: 285- 302.
18. Mello, C.R., M.R. Viola, S. Beskow and L.D. Norton. 2013. Multivariate models for annual rainfall erosivity in Brazil. Geoderma, 202-203: 88-102.
19. Mohammadi, J. 1998. Rain erosivity map production using Fournier index and kriging method. Agricultural Sciences and Natural Resources Journal, 3(4): 35-44 (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]

20. Nourzadeh Haddad, M. 2013. Investigating the rainfall erosivity Index using geostatistics. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(11): 2816-2821.
21. Oliver, JE. 1980. Monthly precipitation distribution: A comparative index. Professional Geographer, 32: 300-309.
22. Rey, J.C., M.F. Rodriguez, A. Cortez, D. Lobo, F. Ovalles, D. Gabriels and R.M. Parra. 2012. Analysis of precipitation aggressiveness and concentration in Venezuela. Los Andes Region. Bioagro 24 (2): 115-120.
23. Shesh Angosht, S., A. Alimohammadi and M.J. Soltani. 2005. Geostaistics Models Evaluation in GIS for Erosivity Map Providing in Latian Wayershed, 84 Geographical Information System Conference,National Cartographic Center of Iran, 113-123 (In Persian).
24. Shi,P., M. Wu, S. Qu, P. Jiang, X. Qiao, X. Chen, M. Zhou and Z. Zhang. 2015. Spatial Distribution and Temporal Trends in Precipitation Concentration Indices for the Southwest China. Water Resources Management Journal, 29(11): 3941-3955.
25. Taj Ali Pour, Z., M.H. Mahdian, A. Pazira and M. Heidarizadeh. 2009. Spatial Variations Investigation of Erosivity Index in Daryache Namak Watershed, 11th Soil Science Conference of Iran,Gorgan, pp: 43-47 (In Persian).
26. Winchell, M., V.H. Gupta and S. Sorooshian. 1998. On the simulation of infiltration and saturation excess runoff using radar based rainfall estimates: effects of algorithm uncertainty and pixel aggregation. Water Resources Research, 34: 2655-2670.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]

Investigation of Spatial Variability of Precipitation Concentration and Rainfall Erosivity Indices in Khuzestan Province

Hossein Eslami

Department of Water Engineering, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
(Corresponding Author: eslamyho@gmail.com)
Received: July 26, 2016 Accepted: September 5, 2017

Abstract

Rainfall variability and its impact on water resources are important climatic issues. Intra-annual variations in rainfall are characterized as precipitation concentration index (PCI). Another feature that directly correlates with the concentration of precipitation is the rain erosivity (Modified Fournier Index MFI). The aim of this study is to investigate the PCI and MFI indices and map their spatial variations. The Modified Fournier and precipitation Concentration indices were calculated using rainfall data from 55 meteorological stations located in Khuzestan province. To produce the spatial variations map, point information is converted to regional using geostatistical and deterministic methods. The results indicated that the ordinary and simple Kriging with Gaussian type have highest accuracy for interpolation of the PCI and MFI indices, respectively. According to the spatial variation map of the PCI, the highest values of that index are seen in the southern region and the lowest values are in the north and northeast of the Khuzestan province. The PCI values ranged between 20 and 31 indicating severe seasonality. The MFI values vary from 49 to 224 in which the highest values are for the northeast region of the province and the lowest ones are for the south and southwest zones. Generally Rainfall limited in a certain months.

Keywords: Geostatistics, Interpolation, Precipitation Concentration, Modified Fournier

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-01-31]

[DOR: 20.1001.1.22516174.1397.9.17.15.7]

[DOI: 10.29252/jwmr.9.17.109]