دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

پهنه‌بندی و پایش خشکسالی هواشناسی در مناطق خشک بیابانی با استفاده از شاخص‌های SPI، SIAP و PN (مطالعه موردی: دشت زاهدان)

مهناز کیانی مجد[۱]، محمد نهتانی[۲]، محمدرضا دهمرده قلعه‌نو[۳] و زهرا شیخ[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه زابل
۲- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه زابل، (نویسنده مسوول: m.nohtani@uoz.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه زابل
۴- دانش‌آموخته دکتری تخصصی بیابان‌زدایی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱/۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۴/۲۱
صفحه: ۱۴۶ تا ۱۶۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: پدیده خشک‌سالی یکی از مخرب‌ترین رویدادهای آب و هوایی است که سالانه موجب وارد آمدن خسارات زیادی به جوامع انسانی می‌گردد. بنابراین شاخص‌های خشک‌سالی می‌توانند بیان‌کننده حدود طبیعی خشکسالی‌ها باشند. بدین صورت که امکان ارزیابی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی را برای ما ممکن می‌سازند. در همین راستا، در پژوهش حاضر به پهنه‌بندی و پایش خشکسالی هواشناسی در مناطق خشک بیابانی با استفاده از شاخص‌های (SPI، SIAP و PN) در دشت زاهدان پرداخته شد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، مجموعه داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های دایر در محدوده مورد مطالعه جمع‌آوری شد. با توجه به تراکم پایین ایستگاه‌ها و محدودیت شدید دسترسی به داده در مناطق خشک، تعداد پنج ایستگاه (تصفیه‌خانه، فبی، قطارخنجک، پوده‌چاه و هواشناسی زاهدان) طی دوره آماری مشترک ۳۰ ساله (۱۹۸۷-۲۰۱۶) مناسب ارزیابی گردیدند. ایستگاه‌های منتخب طی دوره آماری منتخب، دارای سری‌های زمانی کامل و فاقد نواقص آماری بودند. پس از اطمینان از کیفیت داده‌ها با بکارگیری آزمون‌های همگنی، تصادفی و داده پرت، اقدام به استخراج شاخص‌های SPI، SIAP و PN مقیاس زمانی سالانه با استفاده از نرم‌افزار DIP شد و همچنین به منظور پهنه‌بندی شاخص‌های ارزیابی شده از روش درون یابی عکس فاصله در محیط Arc GIS استفاده شد.

یافته‌ها: با محاسبه ضریب تغییرات سال به سال طول دوره آماربرداری (۱۹۸۷-۲۰۱۶)، کمترین مقدار ضریب تغییرات ۸۸/۷ و بیشترین مقدار ۲۰۸/۸ مشخص شد که دشت زاهدان دارای بارندگی نامنظم و با تغییرپذیری بالا همراه است که این امر نشان‌دهنده احتمال وقوع خشک‌سالی در منطقه می‌باشد. در ادامه، با بررسی سه نمایه SPI، SIAP و PN مشخص شد که شرایط دشت زاهدان براساس شاخص‌های SPI ۲۴ سال نرمال، SIAP ۲۵ سال نرمال و PN ۲۵ سال خشک‌سالی ضعیف بوده است. همچنین براساس هر سه نمایه شدیدترین خشک‌سالی هواشناسی بوقوع پیوسته در دشت زاهدان طی مربوط به سال ۲۰۰۳ بوده است که مقادیر هر یک از این شاخص‌ها برای سال ۲۰۰۳ به ترتیب ۱/۴۹- ،۱/۱۶- و ۲۵/۳۲ می‌باشد و براساس نمایه SPI طی ۲۴ سال از طول دوره آماری شرایط نرمال، نمایه SIAP ۲۵ سال شرایط نرمال و طبق نمایه PN دشت زاهدان با ۶ سال ترسالی، ۱۲ سال نرمال و ۵ سال از خشک‌سالی ضعیف برخوردار بوده است. حد آستانه خشک‌سالی برای سه شاخص SPI ۱-، SIAP ۰/۲۵- و PN ۸۰ می‌باشد. علاوه‌براین، پایش تغییرات مکانی سه نمایه SPI، SIAP و PN نشان داد که طی دوره آماری مورد مطالعه، نیمه‌شمالی دشت زاهدان بیشتر تحت تأثیر خشک‌سالی قرار گرفته است. براساس نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی هواشناسی دشت زاهدان مشخص شد که بر پایه نمایه SPI در سال‌های ۲۰۰۴-۱۹۹۹ محدوده شمال شرقی، نمایه SIAP طی سال‌های ۱۹۸۹-۱۹۸۷ و ۱۹۹۸-۲۰۰۶ بخش‌های شمال و شمال شرقی و براساس نمایه PN طی سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۳ قسمت‌های جنوب و غرب دشت زاهدان پتانسیل بیشتری از نظر تداوم، فراوانی و شدت وقوع خشکسالی هواشناسی را دارا بوده است.

نتیجه‌گیری کلی: با توجه به اینکه نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی خشکسالی حکایت از گسترش مکانی و شدت بیشتر پهنه‌های بحرانی در طی دوره آماری ۳۰ ساله مورد مطالعه در پژوهش حاضر دارد، شناخت این مناطق آسیب‌پذیر و در معرض خطر و نیز میزان و گستردگی این پدیده، برای اعمال مدیریت و نیز برنامه‌ریزی‌های عمرانی، اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و کشاورزی از سوی دولت مردان و سیاست گذاران امر از ضروریات است.

واژه‌های کلیدی: روش درون‌یابی عکس فاصله، شاخص خشک‌سالی، شدت خشک‌سالی، ضریب تغییرات، نرم‌افزار DIP

مقدمه

خشک‌سالی از جمله مهم‌ترین و مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی است که با توجه به گستردگی، شدت و تداوم آن، تعداد قابل توجهی از انسان‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲). خشک‌سالی وضعیتی گذرا و برگشت‌پذیر از اقلیم است که بسیاری به اشتباه آن را واقعه‌ای تصادفی و نادر می‌پندارند (۹). این پدیده می‌تواند در تمامی مناطق اقلیمی به وقوع بپیوندد و تنها خصیصه‌های آن از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت باشد (۳). از سوی دیگر، خشک‌سالی از لحاظ اقتصادی، زیان‌بارترین فاجعه طبیعی شناخته شده است که به علت دارا بودن ماهیت پیچیده و چندوجهی، زمان آغاز و پایان آن مشخص نبوده و نسبت به سایر حوادث طبیعی کمتر شناخته شده است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان که دارای اکوسیستم‌های شکننده و آسیب‌پذیر هستند، وقوع رویدادهای خشک‌سالی پیامدهای بحرانی‌تری برجای خواهد گذشت. در این مناطق، شناخت دقیق ویژگی‌های خشک‌سالی جهت پیش‌بینی وقوع و هشدار زود هنگام خشک‌سالی و همچنین مدیریت ریسک و تجزیه و تحلیل رفتار خشک‌سالی در اولویت بوده و به برنامه‌ریزان اجازه آماده‌سازی بهتر برای مواجه با این پدیده و کاهش خسارات را می‌دهد. شاخص‌های خشک‌سالی، ابزارهایی ضروری برای ارزیابی و پایش خشک‌سالی هستند (۱۸). این شاخص‌ها می‌توانند عملکردهای آب و هوایی را ساده نموده و ناهنجاری‌های هواشناسی را به عنوان شدت، مدت زمان و فرکانس اندازه‌گیری کنند. (۲۱). شاخص خشک‌سالی زمانی مفید است که بتواند ارزیابی کمّی؛ ساده و روشنی از ویژگی‌های اصلی آن

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]

یعنی تداوم، شدت و سطح درگیر با خشک‌سالی ارائه دهد. شاخص بارش استاندارد[1] شده (SPI) از جمله شاخص‌هایی است که می‌تواند چنین ویژگی‌های را توجیه کند و چون نیاز به اطلاعات و آمار کمتری داشته و جهت محاسبه روش ساده‌تری است در مقایسه با شاخص‌هایی نظیر پالمر قابلیت ارزیابی و پایش نزدیک به زمان واقعی(ماهانه)؛ این شاخص موقعیت نسبتاً مناسبی دارا می‌باشد. علاوه بر آن در بازه‌های زمانی مختلف قابل محاسبه است (۱). از شاخص‌های پرکاربرد دیگر در این زمینه می‌توان به شاخص معیار بارش سالانه[2] و شاخص درصد نرمال شده[3] اشاره کرد. شاخص درصد از نرمال (PN) با در دست داشتن میانگین درازمدت به عنوان ارزش مبنا (با فرض برازش توزیع نرمال بر بارندگی‌ها) می‌توان تغییرات بارش را نسبت به آن سنجید و محاسبات را برای دوره‌های ماهانه، فصلی و سالانه انجام داد و چنانچه برای یک دوره فصلی یا سالانه در یک منطقه واحد مورد استفاده قرار گیرد، شاخص مؤثری در ارزیابی خشک‌سالی خواهد بود (۱۰). البته باید توجه داشت که هیچ کدام از نمایه‌های اشاره شده به طور ذاتی برتری از سایر شاخص‌ها ندارد، بلکه بایستی عملکرد هر یک از این نمایه‌ها در شرایط مکانی و زمانی مورد نظر مورد ارزیابی قرار گیرد (۴). تاکنون تحقیق‌های گوناگونی در زمینه‌ی عملکرد شاخص‌های خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن‌ها در نقاط مختلف دنیا انجام شده است. با توجه به شرایط منحصربه فرد کشور به دلیل حاکمیت بیش از ۸۰ درصدی مناطق خشک و نیمه خشک و قرارگیری بر روی کمربند جهانی بیابانی، ارزیابی دقت و عملکرد این نمایه‌ها در پایش خشکسالی‌ها از اهمیت به سزایی برخوردار است. در ادامه به تعدادی از پژوهش‌های انجام شده در کشور اشاره می‌شود. عباسی و همکاران (۱) با پهنه‌بندی شدت خشک‌سالی با استفاده از نمایه درصد از نرمال (PN) در استان خراسان رضوی به این نتیجه رسیدند که الگوی بارش در نقاط مختلف این استان یکسان نبوده و در طی دوره مطالعاتی روند مقادیر بارش ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد. ناصرزاده و احمدی (۲۱) به بررسی عملکرد شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در ارزیابی خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن در استان قزوین پرداختند. نتایج حاکی از آن است نتایج آنها نشان داد که شاخص Z و شاخص بارندگی استاندارد شده در نشان دادن خشک‌سالی شدید، عملکرد بهتری دارند. همچنین شاخص دهک‌ها با توجه به عملکرد مناسب در مشخص کردن خشک‌سالی شدید، دارای اندکی مبالغه در نمایش خشک‌سالی است. خسروی و همکاران (۱۱) با ارزیابی شاخص‌های PN، RAI[4]، SIP و SPI به منظور پهنه‌بندی خشک‌سالی ایران به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های RAL و PNI از حساسیت بالاتری برخوردار بوده و توزیع مکانی شدت خشک‌سالی را با دقت بیشتری نشان می‌دهند. صالحوند و همکاران (۲۴) به پهنه‌بندی خشک‌سالی با استفاده از شاخص‌های (ZSI[5]، CZI[6]، DI[7]، PNI و SPI) در استان خوزستان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که ضرایب همبستگی‌های دوگانه تمام ایستگاه‌های این استان، مقادیر نسبتاً بالایی دارند و سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۰ خشک‌ترین سال‌ها بودند. بررسی مطالعات انجام شده در ارزیابی عملکرد نمایه‌های خشک‌سالی نشان می‌دهد علی‌رغم وجود مطالعات گسترده بر روی این نمایه‌ها، آگاهی و دانش کافی از عملکرد این نمایه‌ها در مناطق خشک و بیابانی در اختیار نمی‌باشد. دشت زاهدان با میانگین بارش سالانه تقریبی ۷۰ میلی‌متر، جزو خشک‌ترین مناطق کشور است که از دیرباز با خشکسالی‌های شدید و پی در پی روبرو بوده است. با توجه به ویژگی‌های بخصوص و منحصربه فرد منطقه مورد مطالعه، ارزیابی عملکرد نمایه‌های خشک‌سالی در شناسایی، پایش و پهنه‌بندی خشکسالی‌های هواشناسی و معرفی مؤثرترین نمایه می‌تواند گام مهمی در برنامه‌ریزی، توانمندسازی و تاب‌آوری جوامع محلی شده و خسارات و آسیب‌های ناشی از خشک‌سالی را کاهش دهد. ناگفته نماند که شناخت روند و هم‌چنین ویژگی‌های خشکسالی نقش مهمی در توسعه و مدیریت منابع آب دارد (۱۹). بطور خاص در این پژوهش به بررسی عملکرد نمایه‌های خشک‌سالی هواشناسی SPI، SIAP و PN جهت شناسایی و ارزیابی شدت خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن در دشت زاهدان اقدام و در نهایت مناسب‌ترین شاخص که نسبت به تغییرات بارش بیشترین مطابقت را نشان می‌دهد، تعیین می‌گردد.

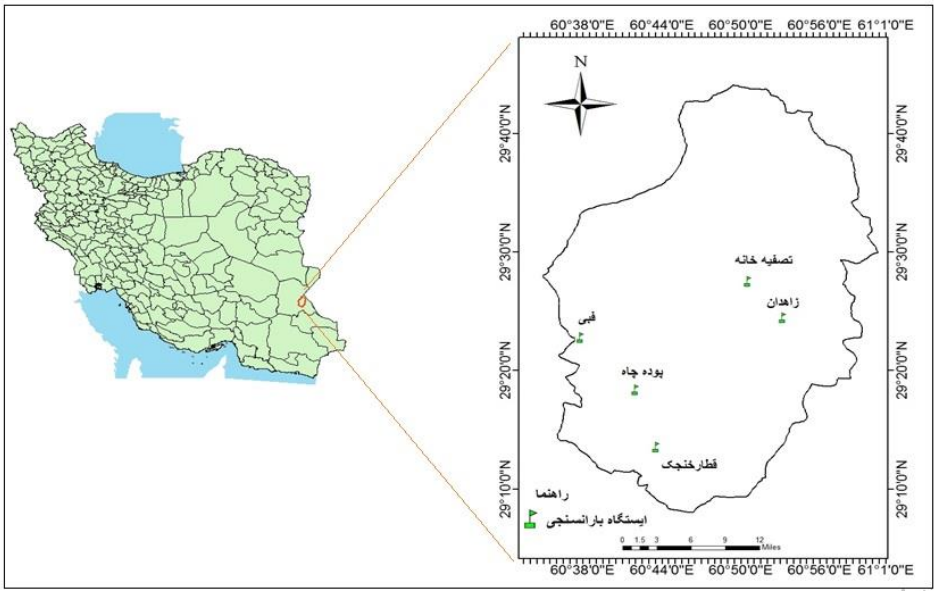
مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

دشت زاهدان با وسعتی معادل ۱۷۶۸/۳۶ کیلومترمربع در جنوب شرق ایران و در محدوده جغرافیایی '۳۰ °۲۹ تا "۳۰ '۳۷ °۲۹ عرض شمالی و '۴۵ °۶۰ و "۳۰ '۵۲ °۶۰ طول شرقی واقع شده است. این منطقه از شمال به شهرستان زابل، از جنوب به شهرستان خاش از شرق به کشور افغانستان و از غرب به شهرستان بم محدود می‌شود. میانگین بارش سالانه زاهدان ۷۲ میلی‌متر و دارای آب و هوای معتدل متمایل به گرم و خشک می‌باشد و تابستان گرم و خشک که بیشترین دمای آن ۴۲ درجه بالای صفر و زمستان سرد و خشک که کمترین دمای آن در این فصل ۱۲/۶- درجه پایین صفر است. میزان رطوبت نسبی هوا کم و اختلاف دما در طول شبانه‌روز و حتی در طول سال زیاد است، به گونه‌ای که اختلاف درجه حرارت بین شب و روز در تابستان به حدود ۲۵ درجه می‌رسد (۲۸). شکل (۱) موقعیت منطقه و پراکنش ایستگاه‌های بارانسنجی منتخب را نشان می‌دهد.

1 Standardized Precipitation Index
2- Standard Index of Annual Precipitation
3- Percent of Normal
4- Rainfall Anomaly Index
5- Z- Score Index
6- China Z Index
7- Deciles Index

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]



شکل ۱- موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه
Figure 1. Location of the study area and stations

برای این تحقیق مجموعه داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های دایر در محدوده مورد مطالعه از شرکت آب منطقه‌ای و سازمان هواشناسی استان سیستان و بلوچستان اخذ شد. در ادامه حداکثر طول دوره آماری مشترک به منظور بررسی تغییرات بلندمدت خشک‌سالی تبیین شد. به منظور انتخاب پایه زمانی مشترک، ابتدا بارگراف ایستگاه‌های موجود تهیه و در ادامه براساس حداکثر طول دوره آماری مشترک، اقدام به تعیین دوره مشترک آماری گردید. با توجه به تراکم پایین ایستگاه‌ها و تازه تأسیس بودن ایستگاه‌های دایر، حداکثر طول دوره آماری مشترک ۳۰ سال انتخاب گردید. بر همین اساس، دوره آماری موجود در ایستگاه‌های تصفیه‌خانه، فبی، قطارخنجک، پوده‌چاه و هواشناسی زاهدان (۱۹۸۷-۲۰۱۶) بود. لازم به ذکر است با توجه به عدم وجود خلأ آماری، بازسازی نواقص آماری در این مطالعه صورت نگرفت. جدول (۱)، مشخصات ایستگاه‌های منتخب را ارائه می‌نماید.

پس از اطمینان از کیفیت داده‌ها با بکارگیری آزمون‌های همگنی، تصادفی (ران تست) (۶) و داده پرت (گرابز) (۸)، اقدام به استخراج شاخص‌های خشک‌سالی با استفاده از نرم‌افزار DIP شد. نرم‌افزار فوق حاصل پروژه "طراحی سیستم پایش خشک‌سالی استان تهران (WRE۱-۷۹۴۸۹)" سهامی مدیریت منابع آب ایران انجام گرفته، می‌باشد. این نرم‌افزار اغلب شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی را محاسبه می‌نماید و سر ی‌های زمانی شاخص‌ها را در مقیاس‌های زمانی مختلف ایجاد می‌کند. نسخه دوم این نرم‌افزار به‌عنوان نرم‌افزار تحت سیستم عامل ویندوز عرضه گردیده است. در نهایت جهت پهنه‌بندی شاخص‌های ارزیابی شده از روش درون‌یابی عکس فاصله (IDW) در محیط Arc GIS10.3 انجام شد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های بارانسنجی منتخب
Table 1. Specifications of selected rain gauge stations

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	متوسط بارش دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۸۷)
فبی	بارانسنجی	۲۰۹۶	۶۰° ۳۷' ۴۹"	۲۹° ۳۵' ۲۰"	۱۱۸/۷
پوده چاه	بارانسنجی	۱۹۳۷	۶۰° ۴۰' ۳۴"	۲۹° ۱۹' ۴۱"	۱۰۸/۹
قطارخنجک	بارانسنجی	۱۶۹۵	۶۰° ۴۳' ۴۲"	۲۹° ۱۴' ۰۷"	۹۷/۵
تصفیه خانه	بارانسنجی	۱۳۹۶	۶۰° ۵۱' ۱۱"	۲۹° ۲۹' ۰۲"	۶۹/۸
هواشناسی	سینوپتیک	۱۳۸۵	۶۰° ۵۳' ۰۰"	۲۹° ۲۸' ۰۰"	۷۳/۷

روش پژوهش

شاخص خشک‌سالی استاندارد شده (SPI)

این شاخص جهت تعیین کمبود بارش در مقیاس‌های زمانی مختلف کاربرد دارد. اساس این نمایه بر محاسبه احتمال وقوع بارندگی برای هر مقیاس زمانی استوار است که توسط مک کی و همکاران (۱۴) به منظور پایش و تعیین خشکسالی‌ها ارائه شد. این شاخص قابلیت برآورد برای مقیاسه‌ای زمانی مختلف کوتاه، میان و بلندمدت را دارد. شاخص SPI از طریق رابطه (۱) محاسبه می‌شود. جدول (۲) خشک‌سالی را براساس شاخص SPI طبقه‌بندی کرده است (۱۰).

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (۱)$$

که در آن P_i: بارندگی سال iام به میلی‌متر، SD: انحراف معیار بارش در طول دوره آماری و $\bar{P}$: میانگین بارندگی بلند مدت به میلی‌متر می‌باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]

جدول ۲- طبقات مختلف شاخص SPI (۱۴)

Table 2. Different classes of SPI index (14)

وضعیت خشک‌سالی	محدوده
ترسالی بسیار شدید	۲ و بالاتر
ترسالی شدید	۱/۵۰ تا ۱/۹۹
ترسالی	۱ تا ۱/۴۹
نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۹۹-
خشک‌سالی	۱- تا ۱/۴۹ -
خشک‌سالی شدید	۱/۵۰- تا ۱/۹۹-
خشک‌سالی بسیار شدید	۲- و کمتر

شاخص معیار بارش سالانه (SIAP)

شاخص نرمال استاندارد بارش (SIAP) که به‌طور خلاصه شاخص بارش شاخص استاندارد (SIP) نیز نامیده می‌شود، از نظر تئوریک همان شاخص نرمال استاندارد بارش یا Z-Index است که بر مبنای استانداردسازی داده‌های بلند مدت بارش هر ایستگاه قابل محاسبه است. برای محاسبه این شاخص از رابطه (۲) استفاده می‌شود. شاخص SIAP براساس جدول (۳) طبقه‌بندی می‌شود (۹).

$$SIAP = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (۲)$$

که در آن P_i: بارندگی سال iام، $\bar{P}$: میانگین بارندگی در طول دوره آماری و SD: انحراف معیار سری بارندگی است.

جدول ۳- طبقات مختلف شاخص SIAP (۱۱)

Table 3. Different classes of SIAP index (11)

شاخص معیار بارندگی سالانه	طبقات شدت خشک‌سالی
۰/۲۵+ تا ۰/۲۵-	نرمال
۰/۲۵- تا ۰/۵۲-	خشک‌سالی ضعیف
۰/۵۲- تا ۰/۸۴-	خشک‌سالی متوسط
۰/۸۴- تا ۱/۲۸-	خشک‌سالی شدید
کمتر از ۱/۲۸-	خشک‌سالی بسیار شدید

شاخص درصد از نرمال (PN)

شاخص PN توسط Willke و همکارانش (۲۲) ارائه شد. این شاخص بر اساس اندازه‌گیری داده‌های بلند مدت بارش برای هر ایستگاه و سپس تغییرات درصدی آن‌ها از نرمال بارش بلند مدت برمبنای ماهانه یا سالانه استوار است. برای محاسبه این شاخص از رابطه (۳) استفاده می‌شود.

$$PN = \frac{P_i}{\bar{P}} \times ۱۰۰ \quad (۳)$$

که در این رابطه P_i: مجموع بارندگی در سال مفروض به میلی‌متر و $\bar{P}$: میانگین بارش درازمدت به میلی‌متر می‌باشد. طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی براساس شاخص PN در جدول (۴) ارائه شده است (۵).

جدول ۴- طبقات مختلف شدت خشک‌سالی براساس شاخص PN (۲۲)

Table 4. Different classes of drought intensity based on PN index (22)

	طبقه‌بندی شاخص PN
۸۰ به بالا درصد	ترسالی
۸۰ به بالا درصد	ترسالی
۸۰ تا ۱۲۰ درصد	نرمال
۷۰ تا ۸۰ درصد	خشک‌سالی ضعیف
۵۵ تا ۷۰ درصد	خشک‌سالی متوسط
۴۰ تا ۵۵ درصد	خشک‌سالی شدید
کمتر از ۴۰ درصد	خشک‌سالی بسیار شدید

روش درون‌یابی عکس فاصله (IDW)

یکی از روش‌های درون‌یابی قطعی است که تخمین براساس مقادیر و وزن نقاط نزدیک به نقطهٔ مورد تخمین صورت می‌گیرد. در این روش وزن‌دهی فقط براساس فاصله بین نقاط و نقطه مورد نظر کنترل می‌شود بدین ترتیب که نقاط نزدیک‌تر سهم بیشتری در محاسبه نقطه مورد نظر خواهند داشت. مقدار برآورد در این روش از رابطه (۴) محاسبه می‌شود (۱۹).

$$Z^* = \frac{\sum_{i=۱}^{n} \left[Z_i / (h_{ij} + s)^p \right]}{\sum_{i=۱}^{n} \left[۱ / (h_{ij} + s)^p \right]} \quad (۴)$$

که در آن *Z: مقدار تخمین در نقطه مورد نظر، Z_i: مقدار مشاهده در نقطه‌ای به فاصله h از نقطه مورد نظر، h_{ij}: فاصله بین نقطه مشاهده شده تا نقطه مورد تخمین، S: فاکتور تعدیل‌کننده و p: وزن نقطه می‌باشد.

همچنین در روش IDW دو تا شاخص ارزیابی عملکرد ریشه میانگین خطا ($RMSE$)و میانگین خطا (ME) استفاده شد. مقادیر خطای جذر مربع میانگین نیز از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد که مقدار اختلاف بین مقدار پیش‌بینی شده و مقادیر مشاهداتی را نشان می‌دهد (۲۷).

$$RMSE = N^{-۱} \sum_{i=۱}^{n} \{(X_n - X_p)^۲\}^{\frac{۱}{۲}} \quad (۵)$$

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]

که در آن X_o: مقدار متغیر در موقعیت‌های نمونه‌برداری شده یا موقعیت‌های ایستگاهی است، X_p: مقدار برآورد شده متغیر برای همان موقعیت توسط مدل درونیاب بوده وN: تعداد کل مشاهدات است.

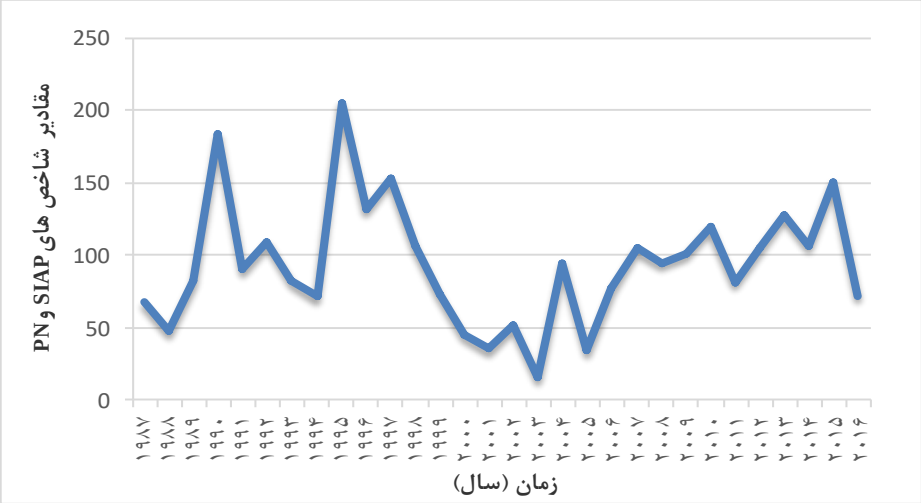
میانگین خطا انحراف هر مدل درونیابی را مورد سنجش قرار می‌دهند از رابطه (۶) محاسبه می‌شود (۲۷).

$$ME = N^{-1}\sum_{i=1}^{n}(X_o - X_p) \quad (۶)$$

که در آن X_o: مقدار متغیر در موقعیت‌های نمونه‌برداری شده یا موقعیت‌های ایستگاهی است، X_p: مقدار برآورد شده متغیر برای همان موقعیت توسط مدل درونیاب بوده وN: تعداد کل مشاهدات است. به دلیل حجم بالای مطالب از ذکر آن در متن جلوگیری شد. در واقع هدف این بود که با تغییر توان و سایر تنظیمات دنبال بهترین برآوردها بدست آید.

نتایج و بحث

آب نقش مهمی در توسعه اجتماعی، اقتصادی و معیشت مردم دارد، به ویژه برای کشور ما که به دلیل قرار داشتن در ناحیه خشک و نیمه خشک قرار دارد و جزء کشورهایی است که کمبود منابع آب و بیشتر با پدیده خشکسالی مواجه می‌باشد (۲۰). بنابراین یکی از راهکارهای مطالعه خشکسالی و اثرات مخرب آن، پایش و پهنه‌بندی شدت‌های خشکسالی با استفاده شاخص‌های خشکسالی می‌باشد. در این تحقیق برای بررسی کمینه و بیشینه بارش برای کل دشت زاهدان در طول دوره آماری مورد مطالعه از روش ایستگاه معرف استفاده شد. نتایج نشان داد که کمترین مقدار بارش ۱۵/۱۸ میلی‌متر مربوط به سال ۲۰۰۳ و بیشترین بارش ۲۰۴/۸۶ میلی‌متر مربوط به سال ۱۹۹۵ می‌باشد. شکل (۲) نمودار تغییرات بارندگی را در طی دوره مورد مطالعه (۱۹۸۷-۲۰۱۶) نشان می‌دهد. همچنین با محاسبه ضریب تغییرات سال به سال طول دوره آمار برداری (۱۹۸۷-۲۰۱۶)، کمترین مقدار ضریب تغییرات ۸۸/۷ و بیشترین مقدار ۲۰۸/۸ مشخص شد که دشت زاهدان دارای بارندگی نامنظم و با تغییرپذیری بالا همراه است که این امر نشان‌دهنده احتمال وقوع خشکسالی در منطقه می‌باشد.



شکل ۲- نمودار تغییرات بارندگی دشت زاهدان در طی دوره مورد مطالعه (۱۹۸۷-۲۰۱۶)

Figure 2. Graph of rainfall changes in Zahedan plain during the study period (۱۹۸۷-۲۰۱۶)

نتایج بکارگیری نمایه‌های خشکسالی در شناسایی و پایش خشکسالی‌های بلند مدت (۱۹۸۷-۲۰۱۶)

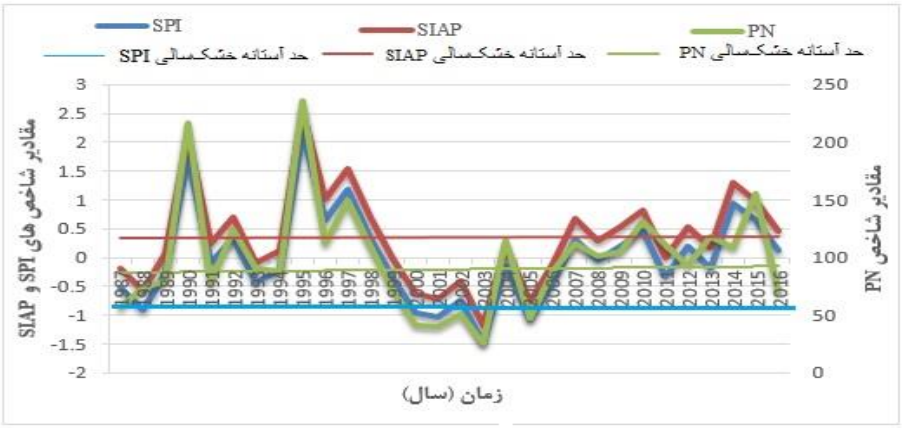
شکل ۳ و جدول ۵، نتایج کسب شده از هر سه نمایه (SPI، SIAP و PN) را ارائه می‌نمایند.

براساس هر سه نمایه (SPI، SIAP و PN) شدیدترین خشکسالی هواشناسی بوقوع پیوسته در دشت زاهدان طی مربوط به سال ۲۰۰۳ بوده است که مقادیر هر یک از این شاخص‌ها برای سال ۲۰۰۳ به‌ترتیب ۱/۴۹-، ۱/۱۶- و ۲۵/۳۲ می‌باشد.

جدول (۵) مقدار و طبقات خشکسالی شاخص SPI، SIAP و PN برای دشت زاهدان نشان می‌دهد که براساس نمایه SPI طی ۲۴ سال از طول دوره آماری شرایط نرمال، نمایه SIAP ۲۵ سال شرایط نرمال و طبق نمایه PN دشت زاهدان با ۶ سال ترسالی، ۱۲ سال نرمال و ۵ سال از خشکسالی ضعیف برخوردار بوده است.

همچنین در شکل (۳) حد آستانه خشکسالی برای هر سه شاخص تعیین شده است که برای شاخص SPI ۱-، SIAP ۰/۲۵- و PN ۸۰ می‌باشد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]



شکل ۳- نمودار تغییرات سال به سال شاخص SPI، SIAP و PN در دشت زاهدان در طی دوره آماری (۲۰۱۶-۱۹۸۷)
Figure 3. Graph of year-on-year changes of SPI, SIAP and PN index in Zahedan plain during the statistical period (1987-2016)

جدول ۵- مقدار و طبقات خشکسالی شاخص SPI، SIAP و PN برای دشت زاهدان
Table 5. Amount and drought classes of SPI, SIAP and PN index for Zahedan plain

سال	SPI		SIAP		PN	
1987-1988	-۰/۵۳	نرمال	-۰/۱۹	نرمال	۵۳/۰۳	خشک‌سالی متوسط
1988-1989	-۰/۹۱	نرمال	-۰/۵۸	خشک‌سالی متوسط	۷۳/۹۸	خشک‌سالی ضعیف
1989-1990	-۰/۲۶	نرمال	۰/۰۷	نرمال	۸۰/۰۹	خشک‌سالی ضعیف
1990-1991	۱/۷۴	ترسالی شدید	۲/۱۱	نرمال	۲۱۷/۰۹	ترسالی
1991-1992	-۰/۰۹	نرمال	۰/۲۴	نرمال	۷۷/۷۷	خشک‌سالی ضعیف
1992-1993	۰/۳۳	نرمال	۰/۶۸	نرمال	۱۲۴/۰۹	ترسالی
1993-1994	-۰/۴۳	نرمال	-۰/۰۹	نرمال	۹۱/۰۳	نرمال
1994-1995	-۰/۲۱	نرمال	۰/۱۲	نرمال	۸۷/۵۴	خشک‌سالی ضعیف
1995-1996	۲/۱۸	ترسالی بسیار شدید	۲/۵۵	نرمال	۲۳۵/۵۹	ترسالی
1996-1997	۰/۶۶	نرمال	۱/۰۱	نرمال	۱۱۲/۷۸	نرمال
1997-1998	۱/۱۷	ترسالی شدید	۱/۵۳	نرمال	۱۴۹/۴	ترسالی
1998-1999	۰/۳۴	نرمال	۰/۶۹	نرمال	۱۰۹/۴۲	نرمال
1999-2000	-۰/۳۶	نرمال	-۰/۰۲	نرمال	۷۱/۳	خشک‌سالی ضعیف
2000-2001	-۰/۹۵	نرمال	-۰/۶۲	خشک‌سالی متوسط	۴۰/۷۲	خشک‌سالی شدید
2001-2002	-۱/۰۴	خشک‌سالی	-۰/۷۱	خشک‌سالی متوسط	۳۹/۷	خشک‌سالی بسیار شدید
2002-2003	-۰/۷۳	نرمال	-۰/۴	نرمال	۲۵/۳۲	خشک‌سالی بسیار شدید
2003-2004	-۱/۴۹	خشک‌سالی	-۱/۱۶	خشک‌سالی شدید	۱۱۴/۸۱	نرمال
2004-2005	-۰/۱۴	نرمال	۰/۲	نرمال	۴۷/۱۴	خشک‌سالی شدید
2005-2006	-۱/۰۸	خشک‌سالی	-۰/۷۵	خشک‌سالی متوسط	۸۷/۹۶	نرمال
2006-2007	-۰/۴۵	نرمال	-۰/۱۲	نرمال	۱۱۲/۱	نرمال
2007-2008	۰/۳۲	نرمال	۰/۲۹	نرمال	۱۴۹/۴	ترسالی
2008-2009	-۰/۰۵	نرمال	۰/۵۳	نرمال	۱۰۱/۹۷	نرمال
2009-2010	۰/۱۸	نرمال	۰/۸۱	نرمال	۱۰۵/۲۶	نرمال
2010-2011	۰/۴۶	نرمال	۰	نرمال	۱۳۱/۳۴	ترسالی
2011-2012	-۰/۳۴	نرمال	۰/۵۳	نرمال	۱۱۰/۶	نرمال
2012-2013	۰/۱۸	نرمال	۰/۱۶	نرمال	۹۳/۴۱	نرمال
2013-2014	-۰/۱۷	نرمال	۱/۲۹	نرمال	۱۱۷/۸	نرمال
2014-2015	۰/۹۴	نرمال	۰/۹۹	نرمال	۱۰۸/۳۸	نرمال
2015-2016	۰/۶۴	نرمال	۰/۴۶	نرمال	۱۵۵/۴۱	ترسالی
2016-2017	۰/۱۱	نرمال	۰/۲۹	نرمال	۶۹/۷	خشک‌سالی متوسط

نکته شایان توجه این است که در هر سه نمایه خشک‌سالی شدید روی‌داده طی سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ را منعکس می‌سازند. علاوه براین وضعیت ترسالی در سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷، ۲۰۱۰، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ براساس نمایه‌های منتخب نمایش داده شده است.

تحلیل مکانی خشکسالی‌های هواشناسی براساس نمایه‌های SPI، SIAP و PN

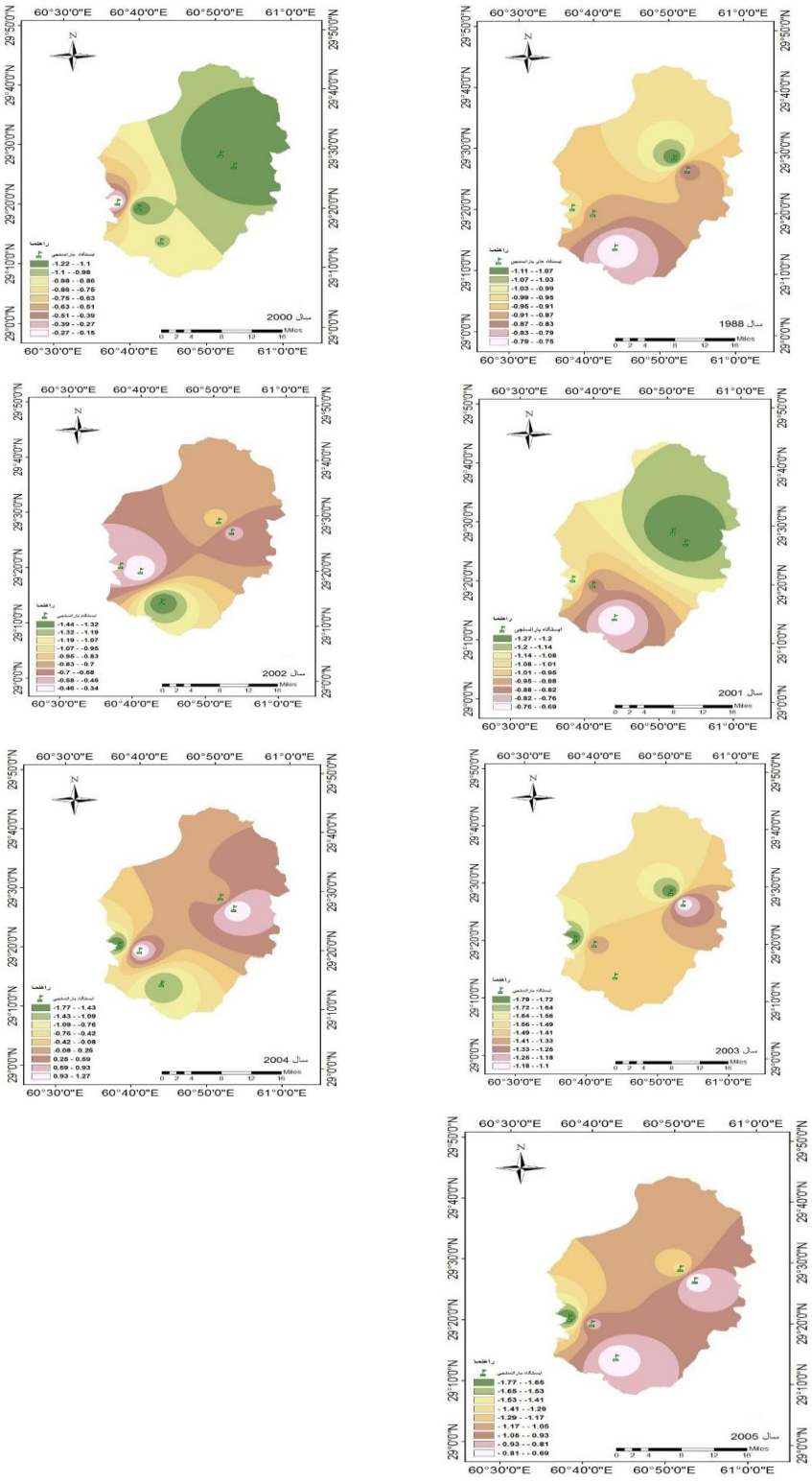
پس از پهنه‌بندی هر سه نمایه SPI، SIAP و PN برای دشت زاهدان در طی دوره آماری مورد مطالعه (۱۹۸۷-۲۰۱۶)، لازم به ذکر است نقشه پهنه‌بندی سال‌هایی که دشت زاهدان با خشکسالی روبرو بوده برای هر نمایه ارائه شده است.

تحلیل مکانی خشکسالی با استفاده از نمایه SPI

شکل (۷) پهنه‌بندی تغییرات مکانی شاخص SPI را برای سال‌هایی که دارای خشک‌سالی هستند، نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۷) در سال ۱۹۸۸ خشک‌سالی در مرکز دشت زاهدان با شدت بیشتری متمرکز بوده است. بر پایه این نمایه، بیش‌ترین تداوم خشک‌سالی دشت زاهدان طی سال‌های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]

(۲۰۰۰–۲۰۰۵) رخ داده است و از سمت شمال شرق به سمت جنوب شرق منطقه مطالعاتی از شدت این خشک‌سالی کاسته شده است.



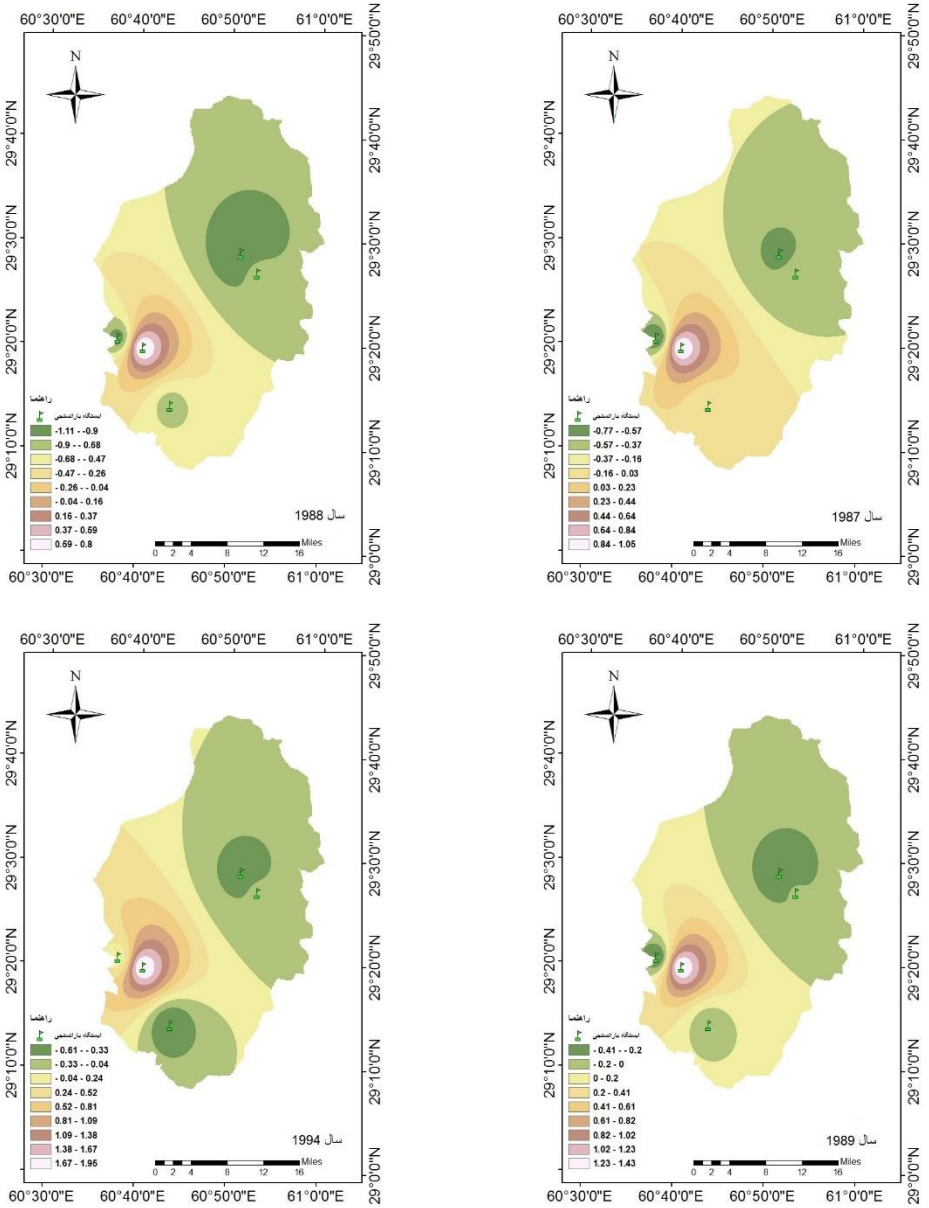
شکل ۷– پهنه‌بندی شاخص SPI
Figure 7. SPI index zoning

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]

همچنین پهنه‌بندی شاخص SPI نشان داد که طی سال‌های (۱۹۸۷، ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۱۹۹۶، ۱۹۹۷، ۱۹۹۸، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵) شرایط ترسالی و طی سال‌های (۱۹۸۹، ۱۹۹۲، ۱۹۹۳، ۱۹۹۴، ۱۹۹۹، ۲۰۰۶، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۶) شرایط نرمال برای دشت زاهدان وجود داشته است.

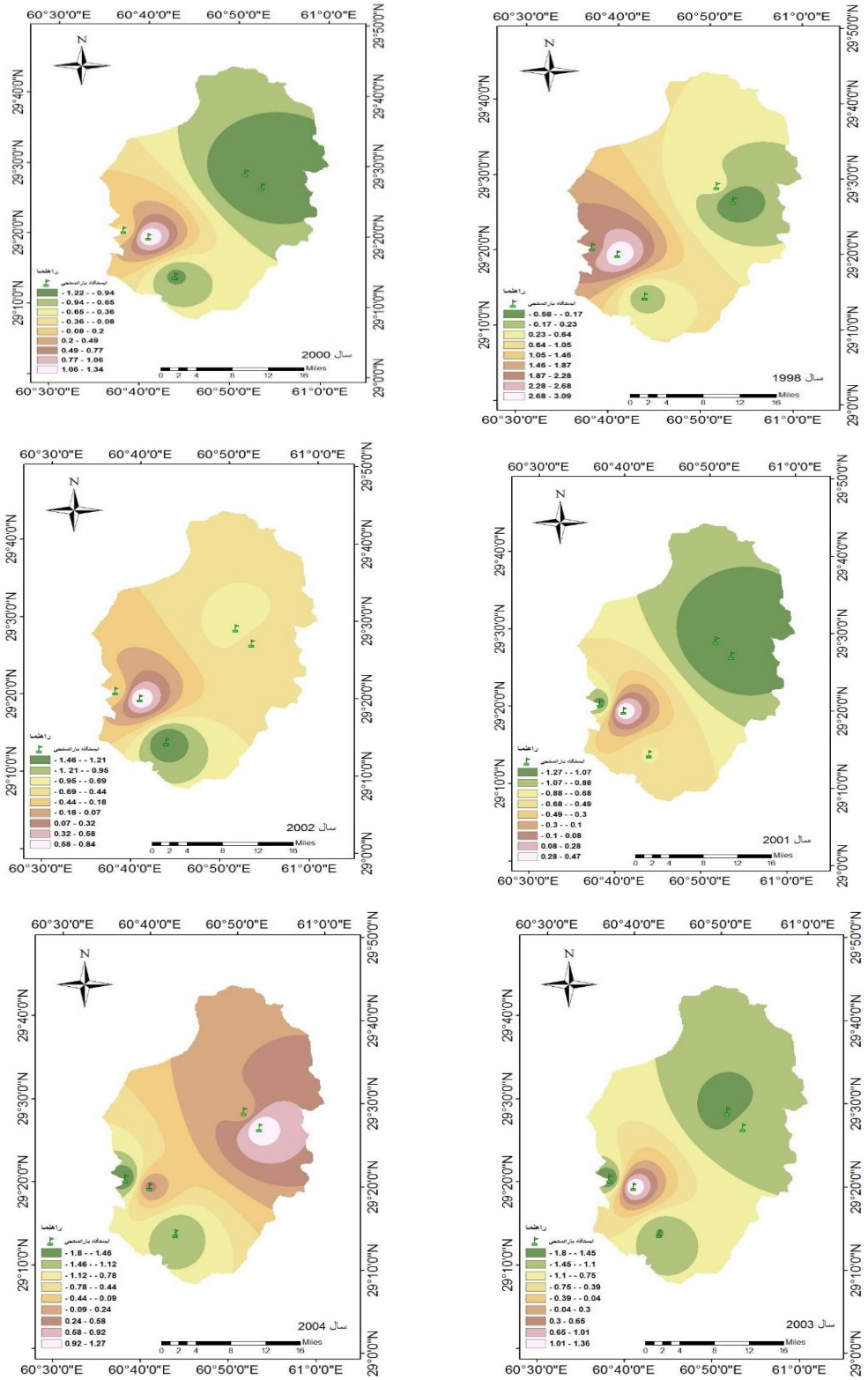
تحلیل مکانی خشکسالی با استفاده از نمایه SIAP

نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات مکانی شاخص SIAP برای سال‌هایی که با خشکسالی روبرو بودند در شکل (۸) نشان داده شده است. براساس شکل ۸، خشکسالی‌های رخ داده، اغلب قسمت‌های شمال و شمال شرقی دشت زاهدان را تحت تأثیر خود قرار داده است. علاوه‌براین، این شاخص نشان می‌هد که بیشترین تدوام خشک‌سالی طی سال‌های (۱۹۸۹-۱۹۸۷، ۱۹۹۳-۱۹۹۴، ۱۹۹۸-۲۰۰۶ و ۲۰۱۳-۲۰۱۱) بوده است. شدیدترین خشک‌سالی شناسایی شده مربوط به سال‌های (۲۰۰۵-۲۰۰۲) است.



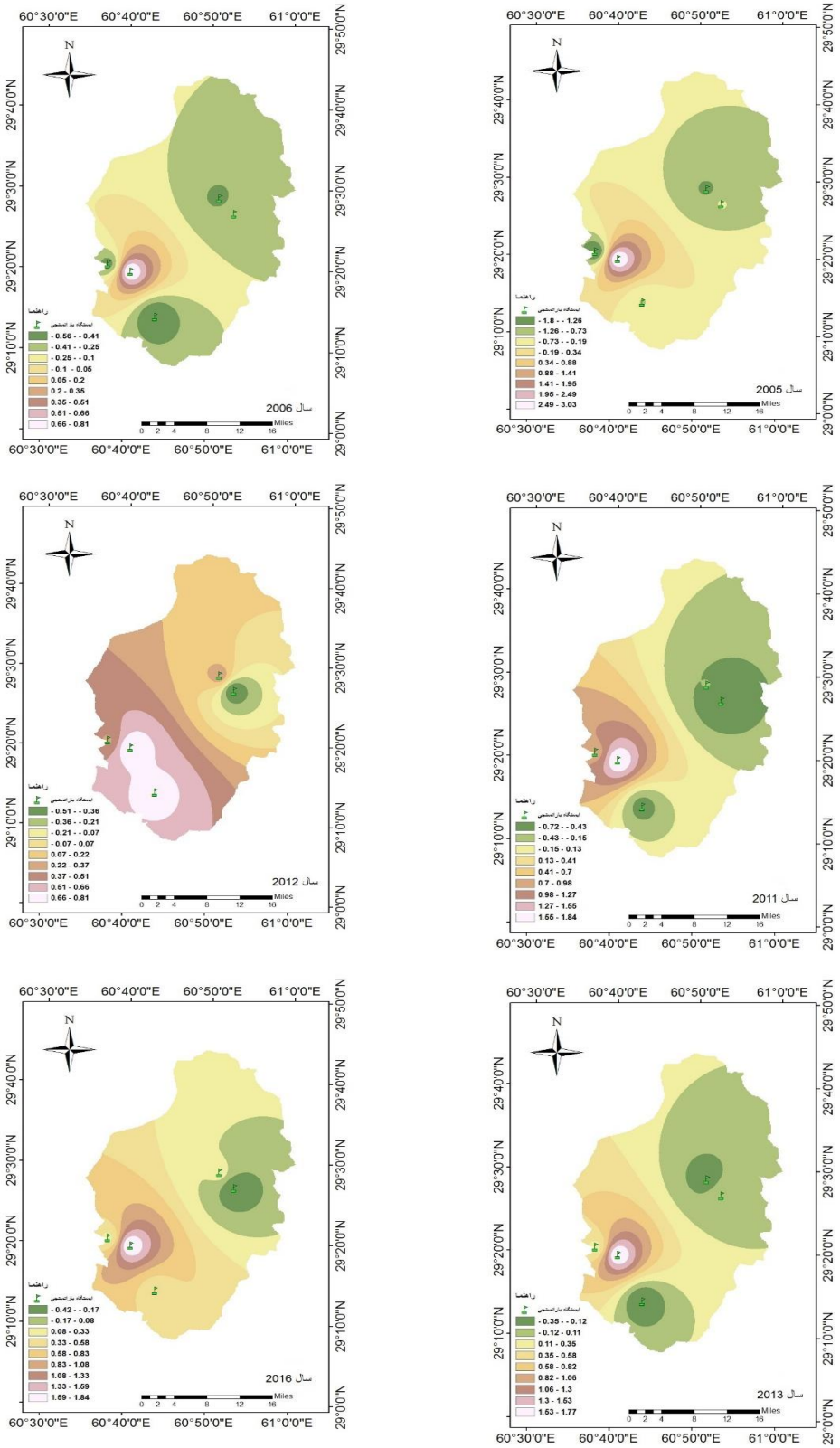
شکل ۸- پهنه‌بندی شاخص SIAP
Figure 8. SIAP index zoning

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]



شکل ۸- پهنه‌بندی شاخص SIAP
Figure 8. SIAP index zoning

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]



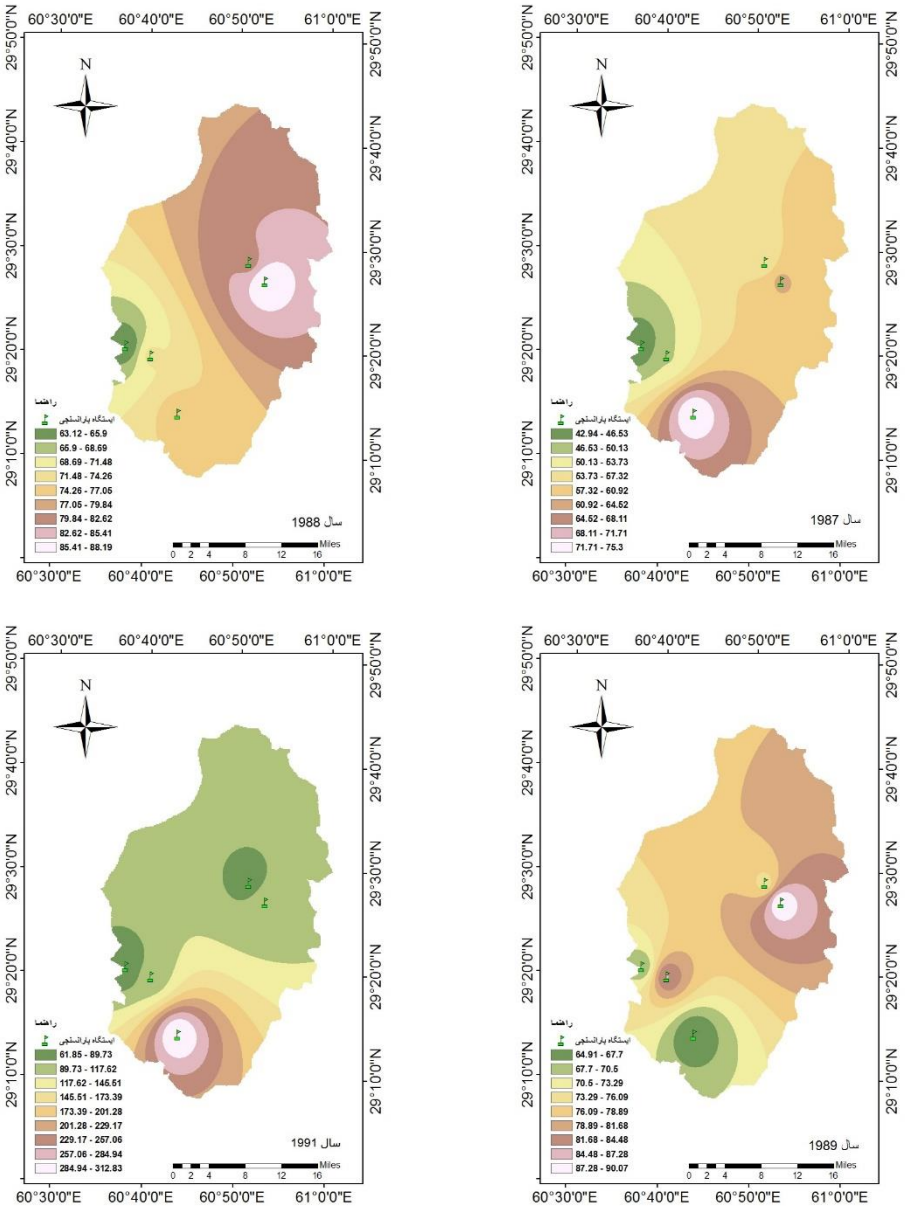
شکل ۸- پهنه‌بندی شاخص SIAP
Figure 8. SIAP index zoning

[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146] [DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2] [Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]

بر پایه نتایج پهنه‌بندی نمایه SIAP، سال‌های (۱۹۹۰، ۱۹۹۲، ۱۹۹۵، ۱۹۹۶، ۱۹۹۷، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵) دشت زاهدان بدون خشک‌سالی بوده است.

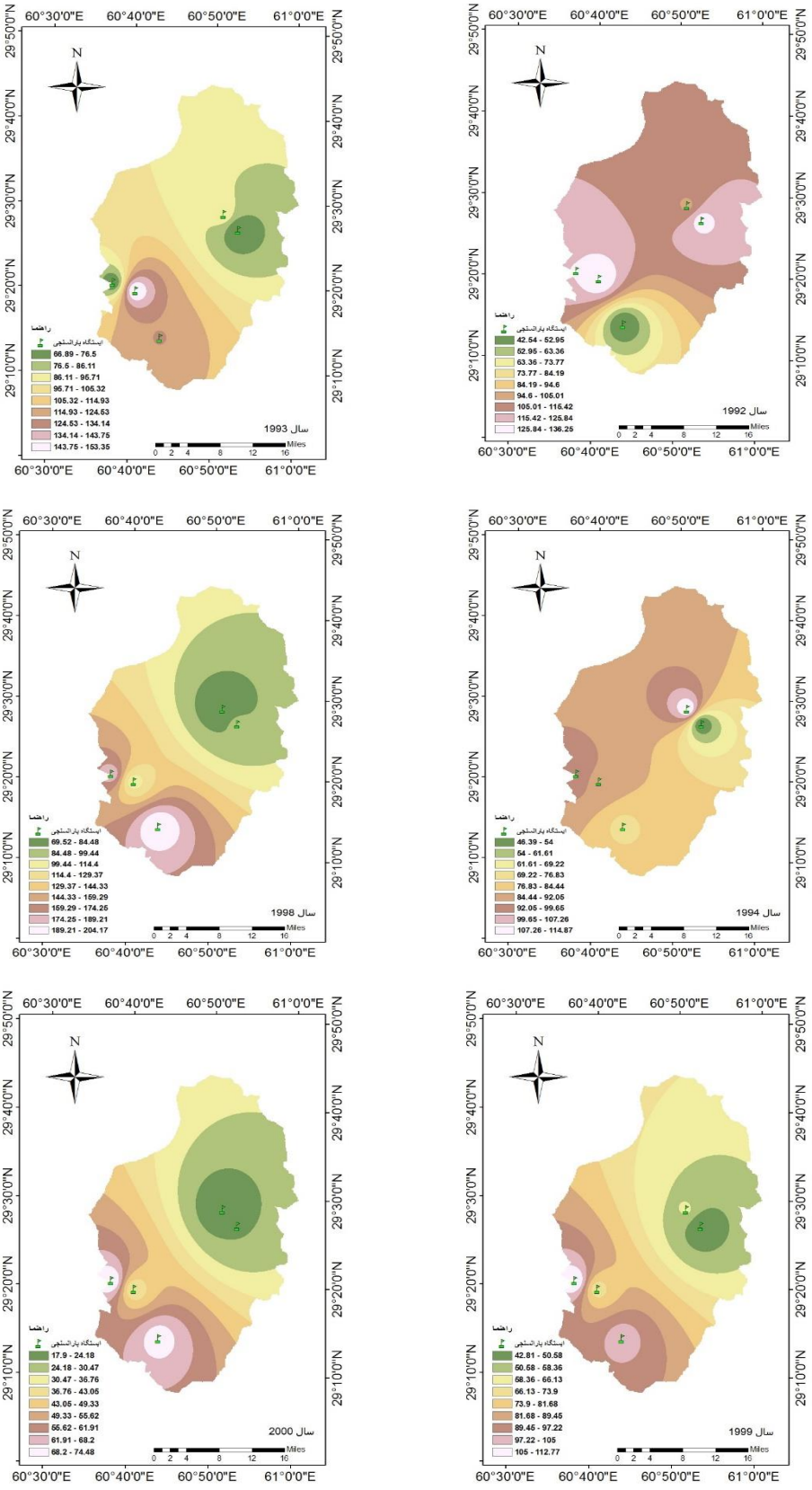
تحلیل مکانی خشکسالی با استفاده از نمایه PN

شکل (۹) نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات مکانی براساس نمایه PN را نشان می‌دهد. روند خشک‌سالی از غرب به سمت شرق دشت زاهدان از سال (۱۹۸۹–۱۹۸۷) به صورت کاهشی بوده است همچنین طی سال‌های (۱۹۹۱، ۱۹۹۳، ۱۹۹۶، ۱۹۹۸، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶) محدوده مطالعاتی از سمت شمال غرب تحت تأثیر خشک‌سالی قرار گرفته است. البته محدوده وسیعی از شمال و شمال غرب دشت زاهدان در سال‌های (۱۹۹۱ و ۲۰۱۶) با خشک‌سالی متوسط مواجه بوده است. نقشه پهنه‌بندی شاخص PN نشان می‌دهد که سال‌های (۱۹۹۲، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۷) خشک‌سالی با درجه خشک‌سالی بسیار شدید در جنوب منطقه رخ داده است. دشت زاهدان از سمت شرق در طی سال‌های (۱۹۹۳ و ۱۹۹۸) شرایط خشک‌سالی متوسط و سال‌های (۱۹۹۴، ۱۹۹۶، ۱۹۹۹، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲) شرایط خشک‌سالی شدید وجود داشته است و در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۰۱ مرکز دشت زاهدان دچار خشک‌سالی بسیار شدید شده است. علاوه‌براین براساس شکل ۹، تداوم خشک‌سالی بسیار شدید در طی سال‌های (۲۰۰۶–۲۰۰۳ و ۲۰۰۹–۲۰۰۸) در بخش‌های جنوب و غرب دشت زاهدان اتفاق افتاده است.



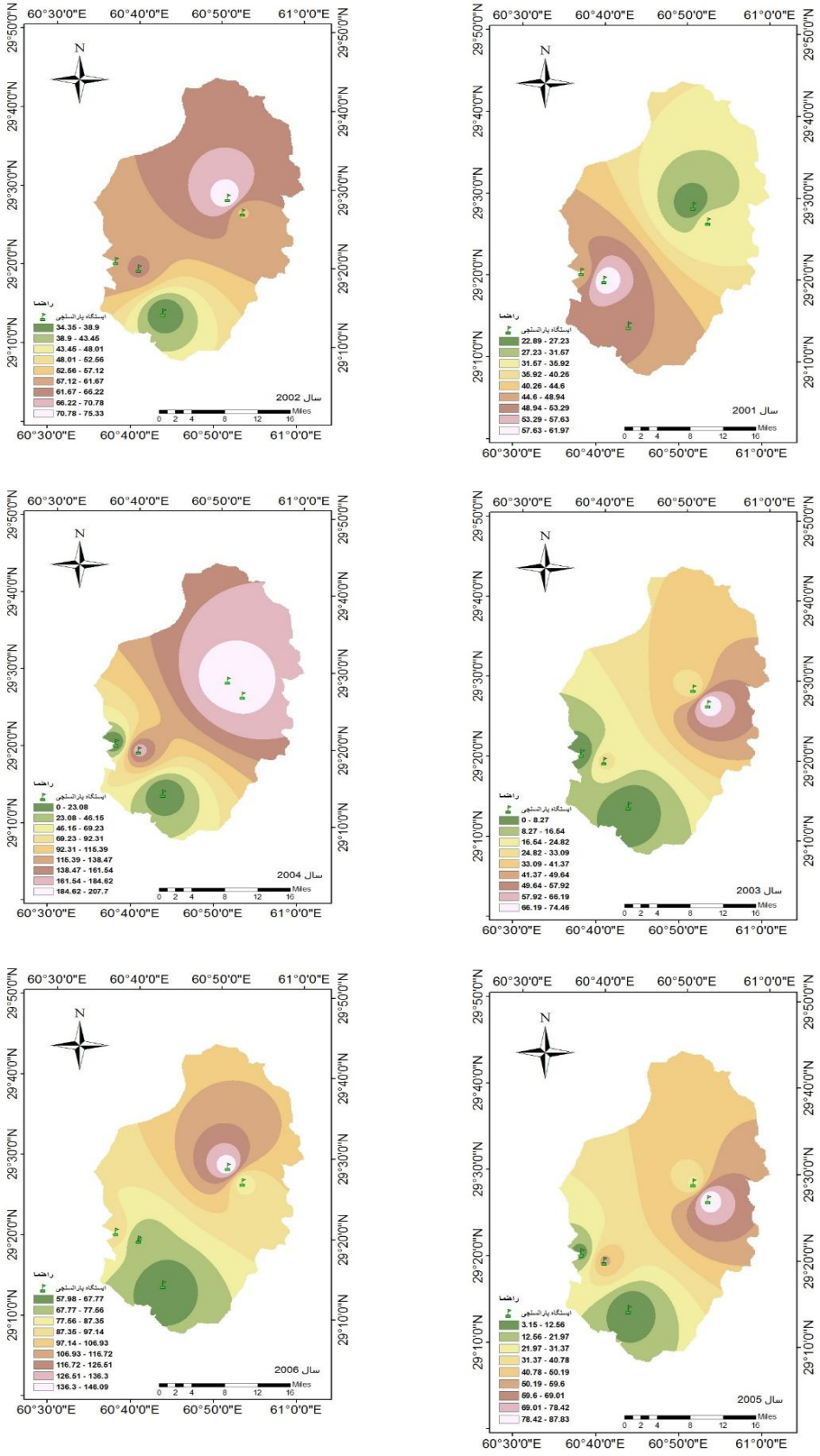
شکل ۹– پهنه‌بندی شاخص SIAP
Figure 9. SIAP index zonin

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]



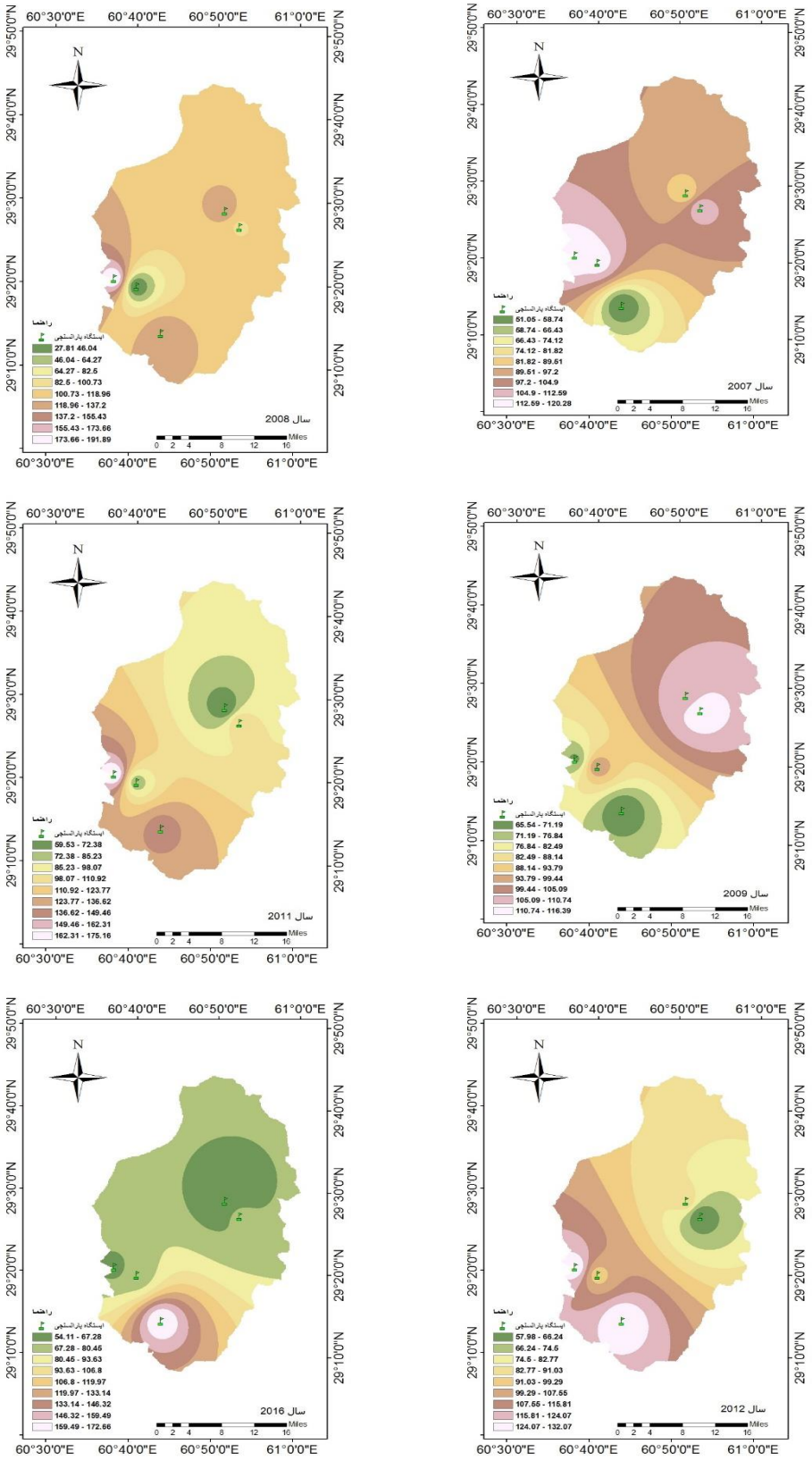
شکل ۹- پهنه‌بندی شاخص SIAP
Figure 9. SIAP index zonin

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]



شکل ۹- پهنه‌بندی شاخص SIAP
Figure 9. SIAP index zonin

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]



شکل ۹- پهنه‌بندی شاخص SIAP
Figure 9. SIAP index zonin

[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146] [DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2] [Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]

براساس نتایج این نمایه، خشک‌سالی ضعیف در طی سال‌های (۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷، ۲۰۱۰، ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵) در کل دشت زاهدان حاکم بوده است.

نتیجه‌گیری کلی

شاخص‌های خشک‌سالی در واقع بیان‌کننده حدود طبیعی خشکسالی‌های رخ داده هستند. تا امکان ارزیابی در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی را ممکن سازند. بدین منظور در این تحقیق، با استفاده از اطلاعات بارش ایستگاه‌های با دوره آماری مشترک (۲۰۱۶-۱۹۸۷) در دشت زاهدان اقدام به استخراج شاخص‌های خشکسالی هواشناسی SPI، SIAP و PN شد. سپس با استفاده از روش درون‌یابی عکس فاصله (IDW) در محیط Arc GIS پرداخته شد. ابتدا، با بررسی کمینه و بیشینه بارش برای کل دشت زاهدان در طول دوره آماری مورد مطالعه (۱۹۸۷-۲۰۱۶) مشخص شد که بارش دشت بسیار نامنظم و با تغییرپذیری بالا همراه است و این امر نشان‌دهنده احتمال وقوع خشک‌سالی در منطقه است. لذا به منظور بررسی این پدیده بررسی عملکرد شاخص‌های SPI، SIAP و PN به‌طور جداگانه صورت گرفت. نتایج عملکرد شاخص‌ها نشان داد که شرایط دشت زاهدان در طی دوره آماری ۳۰ ساله با استفاده شاخص‌های SPI (۲۴ سال نرمال)، SIAP (۲۵ سال نرمال) و PN (۲۵ سال خشک‌سالی ضعیف) همراه بوده است و نکته قابل توجه برای هر سه شاخص اینکه دشت زاهدان در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۳ شرایط خشک‌سالی و ترسالی در طی سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۵، ۱۹۹۷، ۲۰۱۰، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ داشته است. همچنین نمودار تغییرات سال به سال سه شاخص SPI، SIAP و PN بیانگر این بود که روند تغییرات شاخص SPI و SIAP تقریباً یکسان می‌باشد.

در نهایت با بررسی تغییرات مکانی هر یک از نمایه‌های خشک‌سالی SPI، SIAP و PN در طی دوره آماری مورد مطالعه (۱۹۸۷-۲۰۱۶) مشخص شد که نیمه‌شمالی دشت زاهدان در سال‌هایی که دشت با خشک‌سالی روبرو بوده بیشتر تحت تأثیر خشک‌سالی قرار گرفته است. همچنین بررسی تداوم‌های خشک‌سالی نیز نشان داد بر پایه نمایه SPI در طی سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۰ محدوده شمال شرقی، نمایه SIAP طی سال‌های (۱۹۸۹-۱۹۸۷، ۲۰۰۶-۱۹۹۸) بخش‌های شمال و شمال شرقی و براساس نمایه PN طی سال‌های (۲۰۰۳-۲۰۰۶) بخش‌های جنوب و غرب محدوده مورد مطالعه بیشترین تداوم خشک‌سالی را تجربه کرده‌اند که در همین راستا، نتایج مشابه یوسفی و همکاران (۲۴) در پهنه‌بندی خشک‌سالی با استفاده از شاخص‌های SPI و RDI[1] در استان مرکزی نشان داد که مناطق دشت در زمان وقوع خشک‌سالی آسیب‌پذیری بیشتری دارا می‌باشند. همچنین نتایج محقق دیگری چون فلاحی خوشحی و همکاران (۶) در پهنه‌بندی و تحلیل خشک‌سالی استان لرستان با استفاده از شاخص‌های SPI، PN، RAI طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۹۰ نشان داد که براساس شاخص PN تمام منطقه در خشک‌سالی قرار دارد و به سمت شمال و غرب بر شدت خشک‌سالی منطقه افزوده می‌شود؛ بر پایه شاخص RAI منطقه در خشک‌سالی بسیار شدید قرار گرفته است و در نهایت براساس شاخص SPI خشک‌سالی سراسری در کل منطقه و خشک‌سالی شدیدتر در غرب نسبت به شرق استان شناسایی شد.

با توجه به اینکه نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی خشکسالی حکایت از گسترش مکانی و شدت بیشتر پهنه‌های بحرانی در طی دوره آماری ۳۰ ساله مورد مطالعه در پژوهش حاضر دارد، شناخت این مناطق آسیب پذیر و در معرض خطر و نیز میزان و گستردگی این پدیده، برای اعمال مدیریت و نیز برنامه ریزی‌های عمرانی، اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و کشاورزی از سوی دولت مردان و سیاست‌گذاران امر از ضروریات است.

منابع

1. Abbasinia, A., J. Morshedi and M.G. Zohorian. 2021. Analysis and comparison of SPI and GRI indices in meteorological and groundwater drought assessment (Case study: Mehran plain, Ilam province). Quarterly Journal of Natural Geography, 13(51): 114-95 (In Persian).
2. Ansari, H. and K. Davari. 2007. Zonig drought using standardized precipitation index (SPI) in GIS Environment, Case study of Khorasan province. Tehran, J. Geographi. Res, 60: 97-108 (In Persian).
3. Bazrafshan, O., F. Mahmudzadeh and J. Bazrafshan. 2017. Evaluation of temporal trends of the drought indices SPI and SPEI in the Southern Coast of Iran. Desert Management, 4(8): 54-69 (In Persian).
4. Beidokhti. Z.A., A. Shahidi, M.R. Farzaneh and M.J. Khordadi. 2014. Spatial and temporal distribution of drought affected by climate change in South Khorasan province. The Second National Conference on Water Crisis (Climate Change, Water and Environment), 17, September, Kurdish University of Kurdistan Province, (In Persian).
5. Berna, R., F. Azimi and N. Saeedi Dehki. 2010. Comparison of PN, SIAP and RAI indices in the Study of Droughts in Khuzestan Province with Emphasis on Abadan and Dezful Stations, Quarterly Journal of Natural Geography, 9(3): 77-88 (In Persian).
6. Bradley, A. 1968. Distribution-Free Statistical Tests, Chapter 12.
7. Fallahi Khoshhi, M., M.R. Mansori, A.R. Ghaderi and H. Salehi. 2018. Drought zoning and analysis in Lorestan province using drought indicators. Geography and Human Relations, 2(6): 219-200 (In Persian).
8. Grubbs, F.E. 1969. Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. Technometrics, 11(1): 1-21.

1- Reconnaissance Drought Index

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]

9. Hamzeh Nejad, S., N. Hamdami, H. Nazarnejad and K. Khorami. 2018. Drought zoning of Qarasu watershed using SPI and IDW index. 13th National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Iran and 3rd National Conference on Natural Resources and Environment Protection. Mohaghegh Ardabili University, Iran, 6 pp (In Persian).
10. Jahangir, M.H. and M. Sarani Rad. 2018. Investigation of drought situation in South Khorasan province by normal precipitation percentage index (PNPI) and standardization method index (Z). Environmental Technology Science, 28(4): 59-45 (In Persian).
11. Khosravi, M., A.R. Moghari and M.R. Mansoori Daneshvar. 2012. Evaluation of SIP, RAI, PNI and SPI indices for zoning of drought severity in Iran by comparing IDW interpolation methods and digital elevation model DEM. Geography and Environmental Sustainability (Geographical Research Journal), 2(5): 70-53 (In Persian).
12. Khalili, A. and J. Bazrafshan. 2003. Evaluation of the efficiency of several meteorological drought indices in different climatic samples of Iran. Newar Magazine, 48(49): 83-79 (In Persian).
13. Kardan Moghaddam, H., F. Hajizadeh and B. Credit. 2009. Determining droughts based on annual rainfall statistics in the east of the country. The Second National Conference on Drought Impacts and Management Strategies May 25, Isfahan Agricultural Research and Training Center and Natural Resources, (In Persian).
14. Karimi, A. and M. Habibnejad. 2011. Investigation of meteorological drought index in synoptic stations of Mazandaran. Journal of Irrigation and Water Engineering, 2(5): 25-15 (In Persian).
15. Moghli, M. 2015. Evaluation of interpolation indices in drought zoning using GIS (Case study: Larestan). Quarterly Journal of Natural Geography, Eighth Year, No. 28: 42-29 (In Persian).
16. McKee, T.B., N.J. Doesken and J. Kleist. 1995. Drought Monitoring With Multiple Time Scale. Proceeding of the 9th Conference on Applied Climatology. Dallas. TX.USA. 233-236.
17. Mehri, S., Kh. Haji, V. Alizadeh and R. Mostafazadeh. 2015. Evaluation of spatial variations in the severity of meteorological drought cycles at different time scales in Kurdistan province. **J**ournal of Geographical Information, 26(102): 162-151 (In Persian).
18. Mohammadi, M., A. Bardi Sheikh and H. Ahmadi. 2010. Drought Severity Zoning in Sistan and Baluchestan Province with Index (SPI) Using GIS. Proceedings of the National Geomatics Conference, Tehran, Iran (In Persian).
19. Mirzaei Hassanlou, A., H. Abqari and M. Erfanian. 1399. Evaluation of SPEI Drought Index and Trend Analysis Using Non-Parametric Methods in Selected Stations of Urmia Lake Catchment Area. Watershed Management Research Journal, 11(22): 175-187 (In Persian).
20. Mousavi Sardashti, S.R., K. Soleimani, F. Shokrian and S.H. Roshan. 1400. Investigation of the Relationship between Groundwater Changes and Drought Using SPI and GRI Indices in Lordegan Plain. Watershed Management Research Journal, 12(23): 74-65 (In Persian).
21. Naserzadeh, M.H. and A. Ahmadi. 2012. The performance of meteorological drought indicators in assessing drought and its zoning in Qazvin province. Journal of Applied Research in Geographical Sciences, 12(27): 162-141 (In Persian).
22. Omidvar, K., R. Ebrahimi and F. Really. 2014. Evaluation of some geostatistical methods in zoning drought severity (Case study: Northwest and Central regions of Iran). Journal of Irrigation and Water Engineering, 5(17): 43-30 (In Persian).
23. Robertson, W.D., D.W. Bloews, C.J. Ptacek and J.A. Cherry. 2000. Long-term Performance of in Situ Reactive Barriers for Nitrate Remediation. Ground Water, 38(5): 689-695.
24. Salehvand, A. and M.M. Momeni. 2013. Drought Zoning with Indicators (PNI, DI, CZI, ZSI and SPI) and Sequences in the Cities of Khuzestan Province in GIS Environment, Quarterly Journal of Geography and Urban Planning of Zagros Landscape, 3(17): 52-35 (In Persian).
25. Tsakiris, G., I. Nalbantis, H. Vangelis, B. Verbeiren, M. Huysmans, B. Tychon, I. Jacquemin, F. Canters, S. Vanderhaegen, G. Engelen, L. Poelmans, P. Becker and O. Batelaan. 2013. A System-Based Paradigm of Drought Analysis for Operational Management. Water Resources Management. 27: 10. 5281-5297.
26. Willke, G., J.R.M. Hosking, J.R. Wallis and N.B. Guttman. 1955. The national Drought Atlas. Institute for Water Resources, Report 34-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers.
27. Willmott, C. 1984. On the evaluation of model performance in physical geography, in Spatial Statistics and Models, edited by G.L. Gaileand C.J. Willmott, D. Reidel, Hingham, Mass, pp: 443-460.
28. Water Dam Consulting Engineers. 2018. Design of flood management and control system, collection, water management of Zahedan. General Department of Natural Resources of Sistan and Baluchestan, 222 pp (In Persian).
29. Yousefi, H., A. Nohehgar, Z. Khosravi and M. Azizabadi Farahani. 2015. Drought Management and Zoning Using SPI and RDI Indicators (Case Study: Markazi Province). Echo Hydrology, 2(3): 344-337 (In Persian).
30. Zabol Abbasi, F., Sh. Malbousi and Gh. Fallah Qalehri. 2008. Drought Zoning Using Percentage of Normal (PN). First International Conference on Water Crisis. Zabol University, Iran. 12 pp (In Persian).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]

Zoning and Monitoring of Meteorological Drought in Arid Desert Areas using SPI, SIAP and PN indices (Case Study: Zahedan Plain)

Mahnaz Kiyani Majd[1], Mohammad Nohtani[2], Mohammad Reza Dehmardeh Ghaleh No[3] and Zahra Shikh[4]

1- Master Student of Watershed Management, Rangeland and Watershed Management Department, University of Zabol
2- Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, University of Zabol
(Corresponding Author: m.nohtani@uoz.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, University of Zabol
4- Graduated from the desertification doctorate
Received: 23 March, 2022 Accepted: 12 July, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Drought is one of the most destructive weather events that cause great damage to human societies every year. Therefore, drought indices can indicate the natural limits of droughts. In this way, they make it possible for us to evaluate at different time and place scales. In this regard, in the present study, zoning and monitoring of meteorological drought in arid desert areas using indices (SPI, SIAP and PN) in Zahedan plain were studied.

Material and Methods: In this study, daily rainfall data sets of operating stations in the study area were collected. Due to the low density of stations and severe limitations of data access in arid areas, five stations (refinery, FBI, Khinjak train, Pudeh Chah and meteorological department of Zahedan) were evaluated as suitable during a 30-year joint statistical period (1987-2016). The selected stations had complete time series and no statistical deficiencies during the selected statistical period. After ensuring the quality of the data by using homogeneity, random and discrete tests, the annual SPI, SIAP and PN indices of the annual time scale were extracted using DIP software and also in order to zoning the evaluated indices by distance photo interpolation method in the environment. Arc GIS was used.

Results: By calculating the coefficient of variation from year to year during the census period (1987-2016), the minimum coefficient of variation was 88.7 and the maximum value was 208.8, it was found that Zahedan plain has irregular rainfall and high variability, which indicates the Occurrence of drought in the region. Then, by examining the three indices of SPI, SIAP and PN, it was found that the conditions of Zahedan plain based on SPI indices were 24 normal years, SIAP 25 normal years and PN 25 years of drought were weak. Also, according to all three indices, the most severe meteorological drought that occurred in Zahedan plain during 2003 was related to 2003. The values of each of these indicators for 2003 are -1.49, -1.16 and 25.32, respectively. According to SPI index, during 24 years of normal statistical period, SIAP index has 25 years of normal conditions and according to PN index of Zahedan plain with 6 wet years, 12 normal years and 5 years of weak drought. The annual drought threshold for the three indices is SPI 1-, SIAP -0.25 and PN 80. In addition, monitoring of spatial variations of three indices, SPI, SIAP and PN, showed that during the statistical period, the northern half of Zahedan plain was more affected by drought. Based on the meteorological zoning maps of Zahedan plain, it was determined that based on the SPI index in the years 1999-2005 of the northeastern region, the SIAP index during the years (1987-1989, 1998-2006) of the northern and northeastern parts and based on the PN index during In the years 2003-2006, the southern and western parts of Zahedan plain had more potential in terms of continuity, frequency and severity of meteorological drought.Overall

Conclusion: Considering that the spatial zoning maps of drought indicate the spatial expansion and more intensity of critical zones during the 30-year statistical period studied in the present study, the identification of these vulnerable and endangered areas and The extent of this phenomenon is also necessary for the implementation of management as well as development, economic, social, environmental and agricultural planning by the government of men and policy makers.

Keywords: DIP software, Distance Photo Interpolation Method, Drought index, Drought Intensity, Variation Coefficient

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.22516174.1401.13.26.14.2]
[DOI: 10.52547/jwmr.13.26.146]