نشریه علمی

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

سال هفدهم- شماره ٦١- تابستان ١٤٠٢

Vol. 17, No. 61, Summer 2023

تأثیرپذیری شاخص سلامت آبخیز مبتنی بر شاخص SPI از طول دوره آماری

سیّد حمیدرضا صادقی[1]، مهین کله‌هوئی[2]، رضا چمنی[3] و خدیجه حاجی[4]

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۶/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۲۰

چکیده

رفتارسنجی سلامت حوزه آبخیز، دیدگاه جامعی از عوامل مؤثر در وضعیت حوزه آبخیز را فراهم می‌کند. پژوهش حاضر، تأثیر طول دوره آماری بر تغییرات شاخص سلامت آبخیز مبتنی بر شاخص خشک‌سالی (SPI) در دوره آماری سال‌های ۱۳۹۹-۱۳٤۰ در ایستگاه‌های صحنه، کرمانشاه و هرسین در استان کرمانشاه با استفاده از چارچوب $R_{el}R_{es}V_{ul}$ ارزیابی‌شده است. به همین منظور شاخص‌های پایایی (R_{el})، تاب‌آوری (R_{es})، آسیب‌پذیری (V_{ul}) و متوسط سلامت آبخیز ($R_{el}R_{es}V_{ul}$) در بازه‌های زمانی متفاوت در مدل $R_{el}R_{es}V_{ul}$ محاسبه شد. مطابق نتایج، در دوره‌های زمانی ۱۳۵۹-۱۳٤۰، ۱۳۷۹-۱۳٦۰ و ۱۳۹۹-۱۳۸۰ شاخص‌های سلامت آبخیز مقادیر متفاوتی داشته است. به‌طوری‌که با افزایش دوره آماری، شاخص‌های سلامت تغییرات متفاوتی داشته و در دوره‌های کوتاه‌مدت تغییرات شاخص‌ها نسبت به‌کل دوره بیش‌تر بوده است. بیش‌ترین میزان تغییرات در ۳۰ سال ابتدایی دوره آماری مشاهده و با افزایش طول دوره آماری تا انتهای دوره، میزان تغییرات این شاخص‌ها کم شد. بر این اساس ۳۰ سال انتهایی دوره آماری، از نتایج مطلوب و قابل‌اعتمادی برای محاسبه شاخص‌های سلامت فعلی برخوردار است. ازاین‌رو با توجه به حجم زیاد محاسبات و هم‌چنین فقدان داده‌های اقلیمی و کاهش ایستگاه‌ها، استفاده از طول دوره آماری ۳۰ ساله منتهی به مقطع زمانی موردمطالعه برای بررسی سلامت آبخیز پیشنهاد می‌شود.

۱- استاد گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس و نویسنده مسئول: Email: sadeghi@modares.ac.ir
۲- دانش آموخته گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
۳- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
٤- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.

کلیدواژه‌ها: *ارزیابی سلامت آبخیز، تحلیل زمانی، خشک‌سالی، مدیریت حوزه‌های آبخیز*

مقدمه

ارزیابی جامع حوزه‌های آبخیز از برنامه‌های غیرقابل‌انکار به‌منظور تحلیل پایداری و سلامت سامانه‌های آبی محسوب می‌شود. نظارت آبخیز به‌عنوان یک سامانه یکپارچه، یکی از عوامل کلیدی در توسعه و پیشرفت یک برنامه جامع و به مسائل زمینی و ساختارهای طبیعی و منابع آب وابسته است [۱۷، ۱۹]. آگاهی از سلامت حوزه‌های آبخیز[5]، از مهم‌ترین و اساسی‌ترین بخش‌ها در مدیریت پایدار حوزه آبخیز است. ارزیابی سلامت آبخیز فرآیند و ابزار علمی و عملی برای تعیین شرایط یک آبخیز نسبت به شرایط یا وضعیت بهینه مطرح‌شده است [٤، ۸]. سلامت حوزه آبخیز را می‌توان، به‌عنوان یک معیار (سنجه) نسبی از انحراف فرآیندهای آبخیز نسبت به شرایط مرجع (حالت طبیعی بدون دخالت انسان یا با دخالت بسیار کم) تعریف کرد و آن را از طریق اندازه‌گیری و پایش متغیرها و شاخص‌های گوناگون ارزیابی نمود [۳٦]. سلامت آبخیز یک اصطلاح گسترده و مشتمل بر منابع آبی، کیفیت بوم‌شناختی ازجمله جوامع گیاهی و جانوری، گیاهان بومی، فرآیندهای بارش-رواناب، ویژگی‌های زمین‌ریخت‌شناسی و منابع آبی است [۱۵]. مفهوم سلامت آبخیز برای اولین بار توسط راپورت و همکاران در سال ۱۹۷۹ مطرح شد [۱۱]. ازآنجایی‌که تخریب منابع آبخیز پیامدهای اقتصادی و اجتماعی زیان‌باری به همراه دارد، در دهه‌های اخیر یک گرایش عمومی نسبت به ارزیابی شرایط نسبی یا سلامت آبخیز در مقیاس‌های ملی و محلی دیده می‌شود [۵، ۱۱، ۲۳]. عدم وجود یک سامانه مدیریتی کارآمد و سازوکارهای مناسب در بروز خشک‌سالی‌ها بیش از گذشته، سلامت آبخیزها را متأثر ساخته و سبب بروز اختلالات چشم‌گیری در ارائه خدمات حوزه آبخیز شده است [۲، ۳۳]. پدیده خشک‌سالی به دلیل تغییرات مکانی، زمانی و منطقه‌ای بودن، پیچیده و از طرفی شناسایی اثر تجمعی، شروع و پایان این رخداد با توجه به شدت‌های مختلف، دشوار است [۳۱].

به‌منظور ارزیابی سلامت آبخیز، معیارها و شاخص‌های کلیدی پرشماری ازجمله عوامل انسانی، اقلیمی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی، خاکی و پوشش گیاهی معرفی و توسعه داده‌شده است که هر یک

5. Watershed Health

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]

به‌نوعی و متناسب با شرایط نمایانگر وضعیت کنونی سلامت آبخیز است. استفاده از هرکدام از این معیارها به‌تنهایی نمی‌تواند گویای وضعیت سلامت بوم‌سازگان موردمطالعه باشد، بر همین اساس ترکیبی از این معیارها مدنظر قرارگرفته است؛ اما نحوه ترکیب و تلفیق این معیارها و شاخص‌ها بسته به شرایط مطالعاتی متفاوت است و یکی از چالش‌های اساسی در حوزه ارزیابی سلامت منابع آب‌وخاک و نهایتاً بوم‌سازگان‌ها محسوب می‌شود. مدل‌های مفهومی مختلفی برای تبیین این معیارها و شاخص‌ها در قالب یک چارچوب مشخص [۳]، به‌ویژه برای ارزیابی خشک‌سالی در حوزه‌های آبخیز ارائه‌شده است [۹]. دراین‌بین، مدل مفهومی پایایی[1] (R_{el})، تاب‌آوری[2] (R_{es}) و آسیب‌پذیری[3] (V_{ul}) ازجمله مدل‌هایی است که امروزه درزمینه ارزیابی سلامت آبخیز موردتوجه قرارگرفته است [۲۴]. سرواژه مفهومی پایایی، منعکس‌کننده احتمال قرارگیری آبخیز در وضعیت ایمن یا وضعیت موردقبول ازنظر سلامت آن ازنظر معیار موردبررسی، گفته می‌شود. توان یک سامانه آبخیز در پاسخ به فشارهای طبیعی و انسانی مثل تغییر اقلیم، آتش‌سوزی، چرا و .. در مدت‌زمان کوتاه یا طولانی‌مدت تاب‌آوری آبخیز اطلاق می‌شود. هم‌چنین، مفهوم آسیب‌پذیری درجه‌ای است که یک سامانه آبخیز، زیرسامانه یا اجزای آن براثر قرار گرفتن در برابر عامل‌های محرک دچار خسارت می‌شوند [۲۴]. در ابتدا چارچوب $R_{el}R_{es}V_{ul}$ به‌وسیله هاشیموتو و همکاران [۷] برای توصیف عملکرد یک سامانه مخزن چندمنظوره مطرح‌شده است. در این روش، قابلیت اطمینان تکرار یا احتمال وجود حوزه آبخیز در حالت رضایت‌بخش در کل دوره ارزیابی را اندازه‌گیری می‌کند [۳۵].

ارزیابی شاخص‌های جامع $R_{el}R_{es}V_{ul}$ در بلندمدت، درک عمیقی در مورد عملکرد حوزه آبخیز در شرایط متغیر آب‌وهوایی را فراهم می‌کند [۲۵]. طول دوره آماری و تعداد ایستگاه‌ها نیز نقش مهمی در تعیین شاخص سلامت آبخیز ایفا می‌کنند. بر این اساس مطالعه و ارزیابی تغییرات زمانی و نیز تشخیص اثر دوره‌های آماری موردمطالعه و تعداد ایستگاه‌ها بر شاخص سلامت آبخیز ضروری به نظر می‌رسد. باوجوداین، تاکنون رویکردهای مختلفی برای ارزیابی سلامت آبخیز مورداستفاده قرارگرفته که غالب این رویکردها شاخص محور بوده و به دو صورت کیفی و کمی مورداستفاده قرارگرفته است [۱۱]. مطالعات فراوانی به ارزیابی خشک‌سالی با استفاده از شاخص SPI[4] پرداخته است که خشک‌سالی را در مناطق مختلف طبقه‌بندی کرده‌اند [۱۳، ۱۶، ۱۸]. اما مطالعات اندکی به ارزیابی توأم خشک‌سالی با شاخص‌های R_{el}، R_{es} و V_{ul} در طول دوره آماری انجام‌شده است. در این راستا، آهان و کیم [۱] در پژوهشی به ارزیابی سلامت آبخیز برای ارزیابی حفاظت و تعیین اولویت‌ها در رودخانه هان[5] در کره جنوبی پرداختند. نتایج نشان داد که سلامت زیرآبخیزها طی دوره ۲۰۰۵ تا ۲۰۱٤ کاهش‌یافته است. هم‌چنین، صادقی و حزباوی [۲۵] تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های $R_{el}R_{es}V_{ul}$ مبتنی بر خشک‌سالی در حوزه آبخیز شازند برای سال‌های ۱۹۸٦، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۸ را مورد ارزیابی قراردادند. نتایج پژوهش انجام‌شده با استفاده از شاخص‌های $R_{el}R_{es}V_{ul}$، امکان استفاده از این شاخص‌ها در زمینه‌های مختلف ازجمله خشک‌سالی را تأیید می‌کنند. در پژوهشی تغییرپذیری شاخص سلامت آبخیز بر اساس مدل $R_{el}R_{es}V_{ul}$ در سه حوزه آبخیز زاراما[6]، فویل[7] و شازند به ترتیب واقع در ایرلند شمالی (معتدل مرطوب)، پرتغال (مدیترانه‌ای) و ایران (خشک و نیمه‌خشک) طی دوره زمانی ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۲ توسط حزباوی و همکاران [۹، ۱۰] موردبررسی قرار گرفت. در این مطالعات معیارهای متفاوتی ازجمله SPI، دبی مشخصه کم‌آبی و پرآبی، غلظت رسوب، نیتروژن و فسفر برای ارزیابی سلامت آبخیز به‌کاربرده شد. نتایج رفتار متفاوت آبخیزهای مطالعاتی ازلحاظ معیارهای موردبررسی و نیز شاخص‌های ارزیابی خطر سلامت آبخیز را تأیید کردند. هم‌چنین مشخص شد که مقدار شاخص جامع سلامت در سه آبخیز زاراما، فویل و شازند به ترتیب در وضعیت‌های متوسط، متوسط و نسبتاً ناسالم قرارگرفته است. هم‌چنین، حزباوی و همکاران [۱۲] پویایی سلامت آبخیز صنعتی شازند را بر اساس معیار فرسایش خاک با استفاده از مدل $R_{el}R_{es}V_{ul}$ برای چهار سال ۱۳٦۵، ۱۳۷۷، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳ ارزیابی نمودند. نتایج حاکی از عدم وجود روند مشخص از شاخص سلامت آبخیز مبتنی بر فرسایش در کل دوره موردمطالعه بوده است. به‌طوری‌که در دوره‌های ۱۳۷۷-۱۳٦۵، ۱۳۸۷-۱۳٦۵، ۱۳۹۳-۱۳۸۷، سلامت آبخیز به ترتیب به میزان ۲۳، ۱۳ و شش درصد کاهش‌یافته است. ژانگ و همکاران [۳۷] نیز به ارزیابی وضعیت سلامت چرخه آب بر اساس مدل ابری[8] در چین پرداختند. در این پژوهش چهار ویژگی اکولوژی، کیفیت، کمیت و مصرف آب موردبررسی قرار گرفت. بر اساس داده‌های آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱٤ میانگین توزیع درجه سلامت چرخه آب در طبقه‌های ناسالم، نسبتاً ناسالم، متوسط، نسبتاً سالم و سالم به ترتیب برابر با ۲۸، ۱٦، ۳٤، ۱۳ و نه درصد بوده است. هم‌چنین نتایج نشان داد که محدوده موردبررسی به‌طورکلی در وضعیتی ناسالم قرار داشته که در آن ویژگی کمیت آب بدترین وضعیت و ویژگی استفاده از آب بهترین وضعیت را به خود اختصاص داده است. اخیراً، چمنی و همکاران [۲] سلامت حوزه آبخیز چالوس بر اساس مدل $R_{el}R_{es}V_{ul}$ تحت تأثیر خشک‌سالی در طول دوره آماری سال‌های ۱۳٦۵ تا ۱۳۹٤ را مورد ارزیابی قراردادند. سپس، با تعیین میانگین و انحراف معیار داده‌ها، شاخص خشک‌سالی (SPI) را تعیین کردند. ارزیابی سلامت آبخیز نیز نشان داد که شاخص‌های R_{el}، R_{es} و V_{ul} به ترتیب برابر

1. Reliability
2. Resilience
3. Vulnerability
4. Standardized Precipitation Index (SPI)
5. Han
6. Xarrama
7. Foyle
8. Cloud Model

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]
[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]

۰/۵، ۰/۲۳ تا ۰/۶۲ و ۰/۰۶ تا یک بودند. درمجموع متوسط شاخص سلامت حوزه آبخیز چالوس بر اساس پویایی شاخص خشک‌سالی ۰/۴۵ و در وضعیت متوسط قرار گرفت.

با بررسی مستندات، به‌منظور دقت و صحت بیش‌تر و نیز اعتماد به نتایج پژوهش، معمولاً سعی می‌شود که طول دوره آماری مناسب بر اساس داده‌های موجود و تعداد ایستگاه‌های مناسب انتخاب شود. حال آن‌که تاکنون این موضوع در مطالعات انجام‌شده مدنظر نبوده است. بر این اساس انجام مطالعات تکمیلی در خصوص بررسی تغییرات زمانی شاخص سلامت آبخیز در استان کرمانشاه با طول دوره آماری و هم‌چنین ایستگاه‌های مناسب برای دست‌یابی به نتایج باقابلیت اعتماد بیش‌تر در دستور کار قرار گرفت. لذا، در این پژوهش سعی شده است با کمّی کردن شاخص‌های $R_{el}R_{es}V_{ul}$ درک صحیح و قابل قبولی از میزان پایایی، تاب‌آوری و آسیب‌پذیری در ارتباط با خشک‌سالی ارائه شود. به همین تقدیر، پژوهش حاضر باهدف تأثیرگذاری طول دوره آماری بر تغییرات شاخص‌های سلامت آبخیز مبتنی بر شاخص خشک‌سالی (SPI) در دوره آماری ۱۳۴۰ تا ۱۳۹۹ در ایستگاه‌های صحنه، کرمانشاه و هرسین در استان کرمانشاه با استفاده از روش $R_{el}R_{es}V_{ul}$ برنامه‌ریزی‌شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

پژوهش حاضر، در سه شهرستان، صحنه، کرمانشاه و هرسین واقع در استان کرمانشاه با مساحت ۸۳۴۰ کیلومترمربع انجام‌شده است. استان کرمانشاه با ارتفاع متوسط ۱۲۰۰ متر از سطح دریا یکی از ۳۱ استان کشور با دارا بودن وسعت ۱/۵ درصد از مساحت، در غرب ایران واقع‌شده است. میانگین بارندگی در مناطق مختلف از حدود ۳۰۰ میلی‌متر در جنوب غربی سومار و نفت‌شهر تا حدود ۸۰۰ میلی‌متر و بیش‌تر در ارتفاعات متغیر است [۲۸، ۳۷]. در استان کرمانشاه، اساساً می‌توان سال را به دو فصل اصلی گرم و سرد یعنی تابستان و زمستان تقسیم نمود، بلکه فصل‌های بهار و پاییز بسیار کوتاه و زودگذر می‌باشند [۳۸]. شکل (۱)، نمایی از موقعیت استان کرمانشاه را نشان می‌دهد.

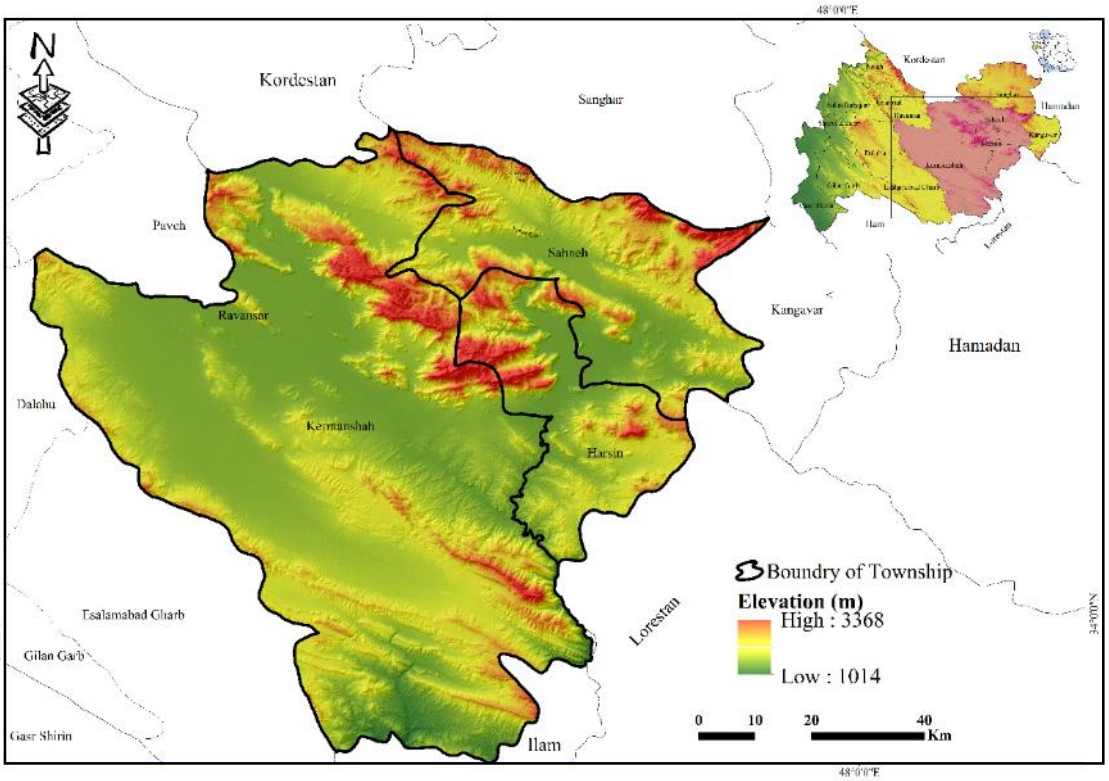
روش پژوهش

جمع‌آوری داده‌های موردنیاز

داده‌های بارش ماهانه ایستگاه‌های صحنه، کرمانشاه و هرسین در استان کرمانشاه در دوره آماری سال‌های ۱۳۴۰ تا ۱۳۹۹ از اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه دریافت و سپس توزیع نرمال داده‌های بررسی شد.

طول دوره آماری

برای ارزیابی تأثیر دوره آماری بر شاخص‌های سلامت آبخیز، دوره‌های آماری مختلف شامل ۱۳۵۹-۱۳۴۰، ۱۳۷۹-۱۳۶۰ و ۱۳۹۹-۱۳۸۰ مورداستفاده قرار گرفت. هم‌چنین برای ارزیابی طول دوره آماری بر وضعیت سلامت آبخیز، در ابتدا بازه زمانی ۱۳۸۸-



شکل ۱- نمایی از منطقه موردمطالعه در استان کرمانشاه و ایران

Fig 1. The location of the studied area in Kermanshah Province and Iran

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]
[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]

۱۳۹۹ در نظر گرفته شد و سپس در هر مرحله ۱۰ سال به طول دوره آماری اضافه شد.

کاربست شاخص SPI

شاخص ارزیابی خشک‌سالی در دانشگاه کلرادو برای پایش و تعیین خشک‌سالی‌ها توسط مک‌کی و همکاران ارائه شد [۲۰]، بر شاخص SPI ماهانه با استفاده از نرم‌افزار SPI Generator محاسبه‌شده است. بارندگی، تنها عامل مؤثر در محاسبه این شاخص است. بنابراین، می‌توان از آن برای تعریف و مقایسه شرایط خشک‌سالی در مناطق مختلف استفاده کرد. این شاخص تخمین مناسب و قابل‌اعتمادی از میزان، شدت و تغییرات مکانی خشک‌سالی‌ها ارائه می‌دهد. چنانچه بارش بیش‌تر از میانگین بلندمدت باشد، SPI مثبت و اگر بارش کم‌تر از آن باشد، SPI منفی است. برخلاف سایر شاخص‌های خشک‌سالی، استفاده از SPI از دشواری کم‌تری برخوردار است، زیرا فقط به یک سری داده ورودی واحد از بارش طولانی‌مدت نیاز دارد [۲۹]. این شاخص با استفاده از نرم‌افزار SPIGenerator و بارش مشاهده‌ای (X_i)، میانگین بارش ($\bar{X}$) و انحراف معیار (σ) دوره بارندگی و برازش بر تابع گاما محاسبه شد [۳٤].

سپس، به‌منظور محاسبه شاخص‌های $R_{el}R_{es}V_{ul}$، از تجزیه‌وتحلیل تغییرات مکانی ماهانه SPI مطابق روابط (۱) تا (۳) استفاده‌شده است. در این روابط d[j] تعداد وقایع شکست (تعداد ماه‌های با SPI زیر آستانه)، M مدت‌زمان رویداد شکست jth، T تعداد کل فواصل زمانی، Lobs(i) مقدار مشاهده‌شده، Lstd(i) مقدار حد آستانه و [H] عملکرد تابع پله‌ای Heaviside است. این تابع برای جلوگیری از ورود حوادث شکست در محاسبه آسیب‌پذیری مورداستفاده قرار می‌گیرد. مقدار کل [H] در رابطه مزبور برای مقادیر منفی، صفر و مثبت به ترتیب صفر، یک و ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین، نرمال‌سازی داده‌ها برای حذف اثرات بزرگی و ایجاد قابلیت مقایسه داده‌ها با یکدیگر صورت گرفت. پس از محاسبه SPI هر ایستگاه، اقدام به نرمال‌سازی آن‌ها شد. برای این منظور از رابطه (٤) استفاده شد [٦].

$$\text{Reliability}(R_{el}) = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{M} d[j]}{T} \quad (۱)$$

$$\text{Resilience}(R_{es}) = \{\frac{1}{M}\sum_{j=1}^{M} d[j]\}^{-1} \quad (۲)$$

$$\text{Vulnerability}(v_{ul}) = = \frac{1}{M}\sum_{j=1}^{T}\{[\frac{L_{obs}(i) - L_{std}(i)}{L_{max}(i) - L_{std}(i)}]H[L_{obs} - L_{std}(i)]\} \quad (۳)$$

$$Y = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (٤)$$

به‌منظور نشان دادن وضعیت کلی سلامت حوزه آبخیز از شاخص‌های سلامت، میانگین گرفته شد، به‌نحوی‌که میزان اثر هرکدام از شاخص‌ها در سلامت حوزه آبخیز دخالت داده‌شده بتواند نمایی کلی از سلامت آبخیز را نشان دهد. برای تعیین این شاخص نیاز به تعیین وزن و تجمیع عملکرد شاخص‌هاست [۲٦]. لذا، برای محاسبه $R_{el}R_{es}V_{ul}$ نهایی از سه شاخص پایایی، تاب‌آوری و آسیب‌پذیری با توجه به‌ضرورت لحاظ حساسیت بیش‌تر نسبت به تغییرات متغیرهای جداگانه بر اساس رابطه (۵) میانگین هندسی ($R_{el}R_{es}V_{ul}$) گرفته شد [۳۲].

$$(R_{el}R_{es}V_{ul}) = [\prod_{i=1}^{3} R_{el}.R_{es}.Vul]^{1/3} \quad (۵)$$

نتایج

توزیع بارندگی و شاخص SPI

در جدول ۱ متوسط بارش سالانه، حداکثر بارش ماهانه و تعداد ماه‌های بدون بارش در طول دوره آماری ۱۳۹۹-۱۳٤۰ در ایستگاه‌های صحنه، کرمانشاه و هرسین ارائه‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ایستگاه صحنه بیش‌ترین بارش سالانه، کرمانشاه بیش‌ترین بارش ماهانه و کم‌ترین ماه بدون بارش را به خود اختصاص داده‌اند. شدت خشک‌سالی و ترسالی نیز برای دوره‌های ۱۳۵۹-۱۳٤۰، ۱۳۷۹-۱۳٦۰ و ۱۳۹۹-۱۳۸۰ به ترتیب در شکل‌های ۲ تا ٤ نشان داده‌شده است. بر این اساس در دوره ۱۳۵۹-۱۳٤۰ بیش‌ترین ترسالی و خشک‌سالی در سال‌های ۱۳٤۷ و ۱۳٤۹ به ۳/۲۷ و ۲/۳۹-، دوره ۱۳۷۹-۱۳٦۰ در سال‌های ۱۳۷۸ و ۱۳۷۵ به مقدار ۲/۷۸ و ٤/۰۷- و دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۰ در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۳ به مقدار ۲/۸۵ و ۳/٤٤- رخ‌داده است. به لحاظ ایستگاه نیز در دوره ۱۳۵۹-۱۳٤۰ ایستگاه هرسین بیش‌ترین شدت ترسالی و خشک‌سالی، در دوره ۱۳۷۹-۱۳٦۰ ایستگاه کرمانشاه بیش‌ترین

جدول ۱- وضعیت بارندگی در ایستگاه‌های منتخب طی ۱۳٤۰ تا ۱۳۹۹ در استان کرمانشاه

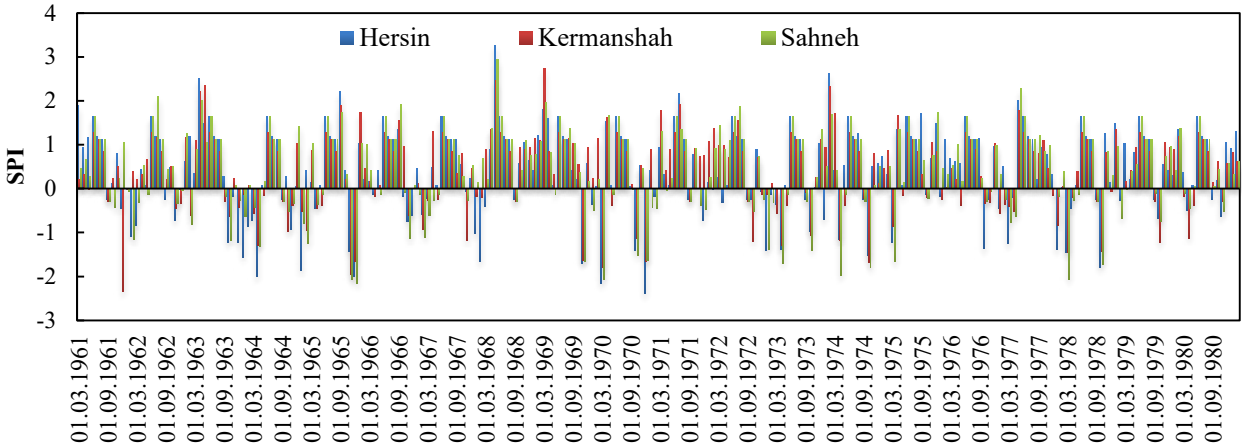
Table 1. Precipitation situation in selected stations during 1961 and 2021 in Kermanshah Province, Iran

متغیر / ایستگاه Variable/ Station	صحنه Sahneh	کرمانشاه Kermanshah	هرسین Harsin
متوسط بارندگی سالانه (میلی‌متر) The mean annual precipitation (mm)	489.7	452.7	400.8
حداکثر بارش ماهانه (میلی‌متر) The maximum monthly precipitation (mm)	271.1	272.0	260.6
تعداد ماه‌های بدون بارش Number of months without precipitation	219	199	211

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]

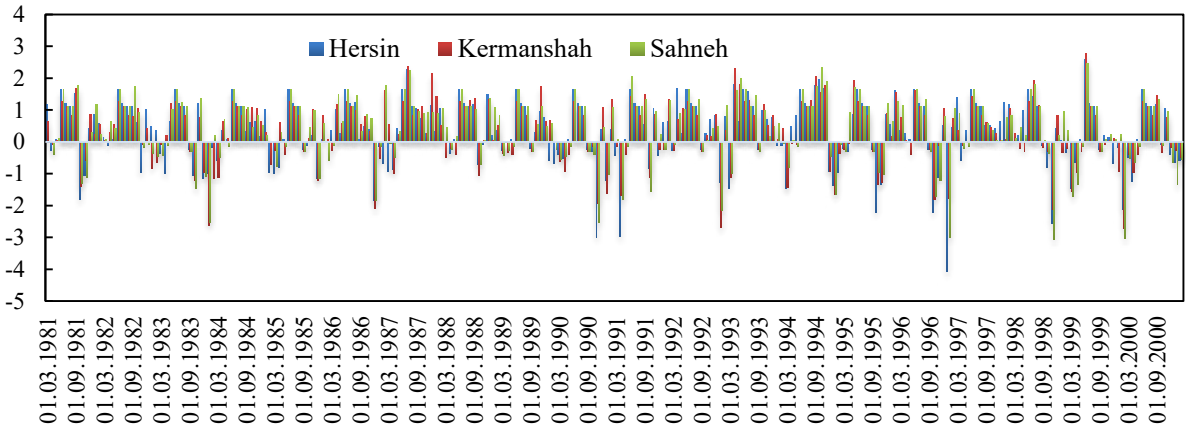
[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]

شدت ترسالی و ایستگاه هرسین بیش‌ترین شدت خشک‌سالی و در دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۰ ایستگاه صحنه بیش‌ترین شدت ترسالی و ایستگاه کرمانشاه بیش‌ترین شدت خشک‌سالی را داشته است. توزیع شدت خشک‌سالی نیز در ایستگاه‌های منتخب در دوره‌های زمانی ۱۳۵۹(a)-۱۳٤۰، (b) ۱۳۷۹-۱۳٦۰ و (c) ۱۳۹۹-۱۳۸۰ در شکل ۵ ارائه‌شده است.



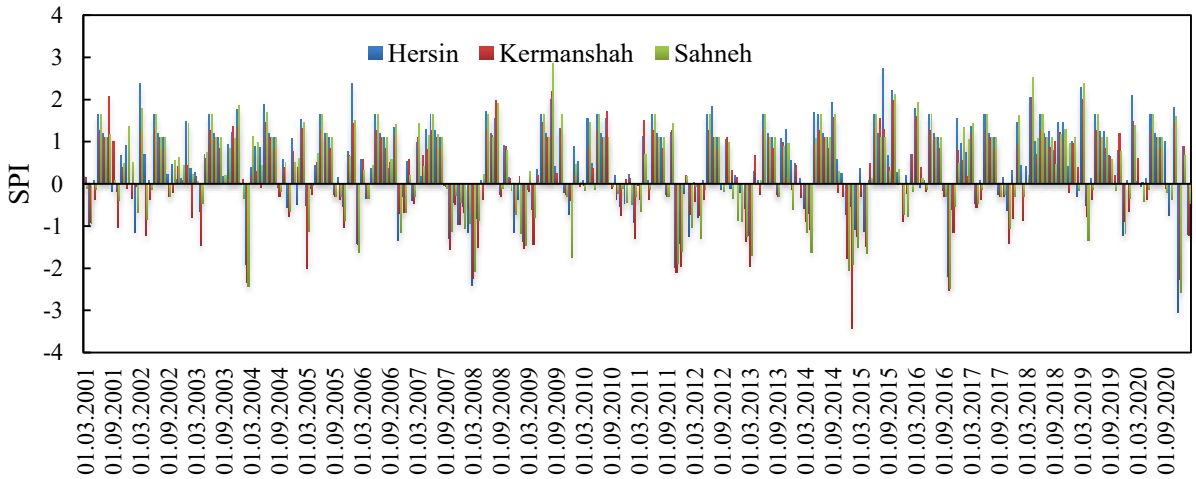
شکل ۲- مقادیر شاخص خشک‌سالی SPI ماهانه در دوره ۱۳۵۹-۱۳٤۰ در استان کرمانشاه

Fig 2. Monthly SPI drought index values in the period of 1961-1980 in Kermanshah Province, Iran



شکل ۳- مقادیر شاخص خشک‌سالی SPI ماهانه در دوره ۱۳۷۹-۱۳٦۰ در استان کرمانشاه

Fig 3. Monthly SPI drought index values in the period of 1981-2000 in Kermanshah Province, Iran

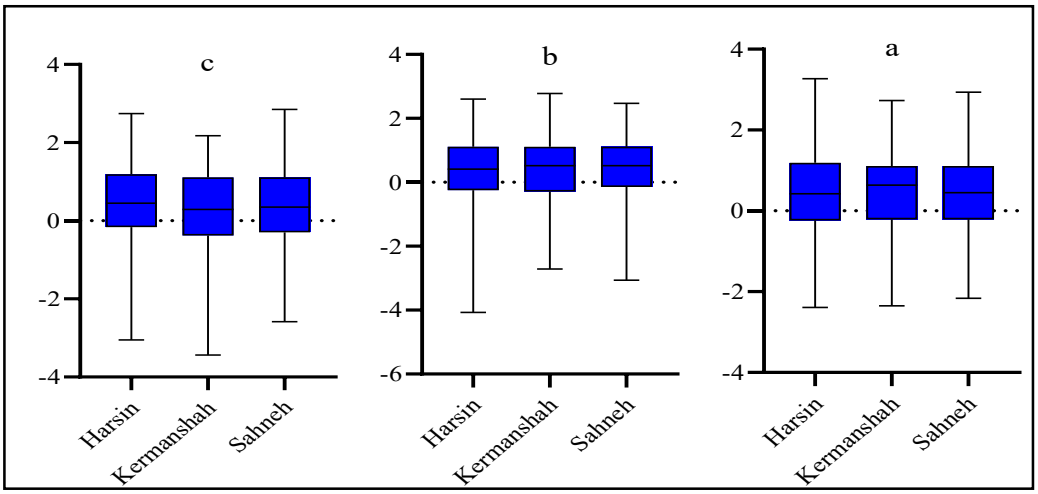


شکل ٤- مقادیر شاخص خشک‌سالی SPI ماهانه در دوره ۱۳۹۹-۱۳۸۰ در استان کرمانشاه

Fig 4. Monthly SPI drought index values in the period of 2001-2021 in Kermanshah Province, Iran

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]



شکل ۵- توزیع شاخص خشک‌سالی SPI ماهانه طی ۱۳٤۰ تا ۱۳۹۹ ایستگاه‌های مختلف در استان کرمانشاه برای دوره‌های ۱۳۵۹(a)-۱۳٤۰، ۱۳۷۹(b)-۱۳٦۰ و ۱۳۹۹(c) -۱۳۸۰

Fig 5. Distribution of monthly SPI drought index during 1961 and 2021 in different stations in Kermanshah Province, Iran in various periods of 1961-1980 (a), 1981-2000 (b), 2001-2021 (c)

تأثیر طول دوره آماری بر شاخص‌های سلامت

تأثیر دوره‌های زمانی متفاوت

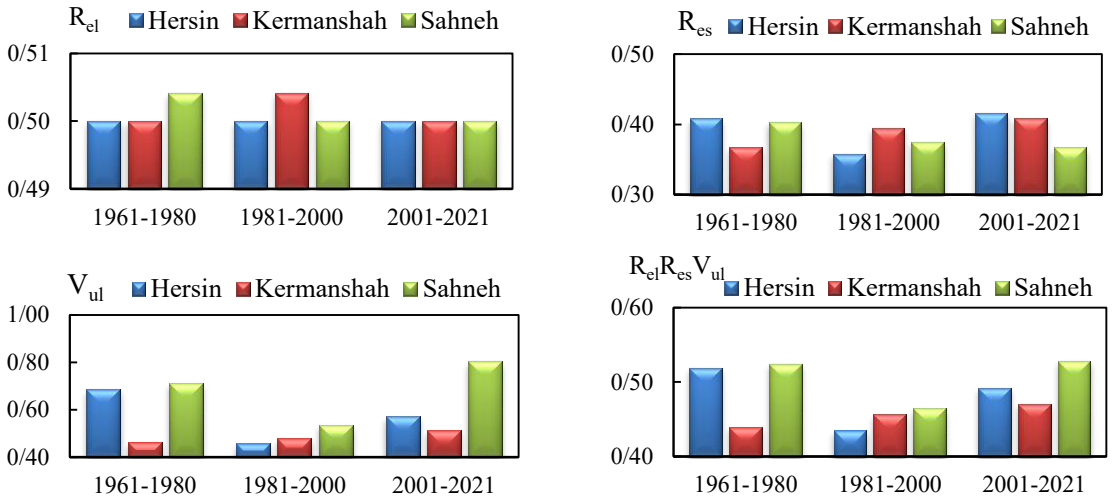
شکل ٦ شاخص‌های پایایی، تاب‌آوری، آسیب‌پذیری و متوسط سلامت آبخیز در دوره‌های زمانی ۱۳۵۹-۱۳٤۰، ۱۳۷۹-۱۳٦۰ و ۱۳۹۹-۱۳۸۰ را نشان می‌دهد. شاخص پایایی در دوره زمانی ۱۳۸۸-۱۳۹۹ در هر سه ایستگاه مقدار ثابت ۰/۵ را داراست اما در دوره ۱۳۷۹-۱۳٦۰ ایستگاه کرمانشاه و در دوره ۱۳۵۹-۱۳٤۰ ایستگاه هرسین مقدار بیش‌تری را به خود اختصاص داده است. توزیع شاخص تاب‌آوری در ایستگاه‌ها و در دوره‌های زمانی مختلف، یکسان نبوده و با تغییر دوره زمانی مقدار شاخص در هر ایستگاه تغییر داشته است. شاخص‌های آسیب‌پذیری و سلامت نیز در دوره‌های زمانی مختلف دارای تغییرات بوده و در هر دوره مقادیر متفاوتی را به خود اختصاص داده‌اند.

تأثیر طول دوره آماری

شکل ۷ مقادیر شاخص‌های پایایی، تاب‌آوری و آسیب‌پذیری در دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت تا بلندمدت در ایستگاه‌های صحنه، کرمانشاه و هرسین را نشان می‌دهد. بر این اساس، شاخص پایایی در طول دوره آماری ۱۳۹۹-۱۳۹۰، ۱۳۹۹-۱۳۸۰ و ۱۳۹۹-۱۳۷۰ مقادیر تقریباً ثابت بین ۰/۵۰-۰/۵۰ را داشته است. اما با افزایش طول دوره آماری مقدار این شاخص تغییر کرده و در ایستگاه‌های مختلف مشابه نبوده و مقادیر بیش‌تری (۰/۵۱-۰/۵۰) را به خود اختصاص داده است. شاخص تاب‌آوری نشان می‌دهد هر چه بر طول دوره آماری افزوده شود، میزان این شاخص کم‌تر و در ایستگاه‌های مختلف به هم نزدیک‌تر می‌شود. در ابتدای دوره و در سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۰ و ۱۳۹۹-۱۳۸۰ مقدار این شاخص بین ۰/٤۵-۰/۳۸- متغیر است. اما با افزایش طول دوره آماری (۱۳۹۹-۱۳٤۰) این شاخص در ایستگاه‌های مختلف ۰/۳۹ تعیین و ثابت‌شده است. شاخص آسیب‌پذیری حاکی از آن است که با کاهش طول دوره آماری، میزان این شاخص تغییرات بیش‌تری در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد، به‌طوری‌که در دوره ۱۳۹۹-۱۳۹۰ و ۱۳۹۹-۱۳۸۰ این شاخص بین ۰/۹-۰/٤ تغییر کرده اما با افزایش طول دوره آماری تغییرات آن کم‌تر و در ایستگاه‌های مختلف در کل دوره آماری بین ۰/۵۵-۰/٤۳ متغیر بوده است. سلامت در ایستگاه‌های مختلف بیان‌کننده آن است که همانند شاخص تاب‌آوری و آسیب‌پذیری، با افزایش طول دوره آماری، میزان تغییرات سلامت کم‌تر شده و ایستگاه‌ها مقدار نزدیک به هم را نشان می‌دهند به‌طوری‌که در دوره‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۰ و ۱۳۹۹-۱۳۸۰ مقدار شاخص متوسط سلامت بین ۰/٥٦-۰/٤۵ نوسان داشته است، اما با افزایش طول دوره آماری این شاخص کاهش‌یافته و در کل دوره (۱۳۹۹-۱۳٤۰) در ایستگاه‌های مختلف بین ۰/٤۸-۰/٤۵ قرارگرفته است. جدول ۲ نیز درصد تغییرات شاخص‌های سلامت در طول دوره‌های زمانی مختلف را نسبت به‌کل دوره (۱۳۹۹-۱۳٤۰) نشان می‌دهد.

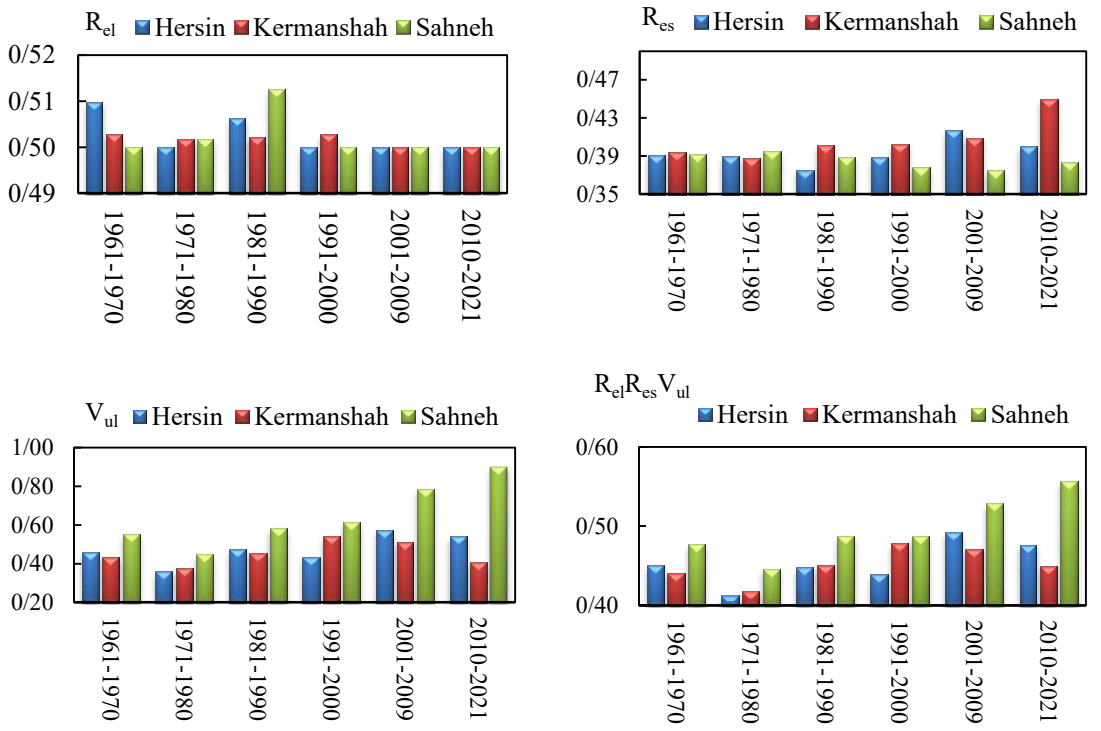
[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]



شکل ٦- شاخص‌های سلامت آبخیز در دوره‌های مختلف در ایستگاه‌های صحنه، کرمانشاه و هرسین در استان کرمانشاه

Fig 6. The watershed health indicators in different periods in Sahneh, Kermanshah and Harsin stations in Kermanshah Province, Iran



شکل ۷- شاخص‌های سلامت آبخیز در طول دوره‌های مختلف در ایستگاه‌های صحنه، کرمانشاه و هرسین در استان کرمانشاه

Fig 7. The watershed health indicators in different time series lengths in Sahneh, Kermanshah and Harsin stations in Kermanshah Province, Iran

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]

جدول ۲- درصد تغییرات شاخص‌های پایایی (R_{el})، تاب‌آوری (R_{es})، آسیب‌پذیری (V_{ul}) و متوسط سلامت ($R_{el}R_{es}V_{ul}$) در دوره‌های مختلف نسبت به‌کل دوره در استان کرمانشاه

Table 2. The percentage of changes in reliability (R_{el}), resilience (R_{es}), vulnerability (V_{ul}) and average health ($R_{el}R_{es}V_{ul}$) indicators in different periods compared to the whole period in Kermanshah Province, Iran

سال Year	شاخص Index	صحنه Sahneh	کرمانشاه Kermanshah	هرسین Harsin	سال Year	شاخص Index	صحنه Sahneh	کرمانشاه Kermanshah	هرسین Harsin
2010-2021	R_{el}	0	-0.55	-1.91	2010-2021	R_{es}	-2.13	14.26	2.32
2000-2021		0	-0.55	-1.91	2000-2021		-4.26	3.68	6.58
1990-2021		0	0	-1.91	1990-2021		-3.55	2.13	-0.52
1980-2021		2.5	-0.14	-0.68	1980-2021		-0.71	1.99	-3.94
1970-2021		0.33	-0.22	-1.91	1970-2021		0.76	-1.5	-0.24
2010-2021	V_{ul}	62.75	-6.72	17.89	2010-2021	$R_{el}R_{es}V_{ul}$	16.19	1.96	5.77
2000-2021		42.09	17.88	24.54	2000-2021		10.80	6.72	9.20
1990-2021		10.63	24.89	-5.13	1990-2021		2.19	8.45	-2.54
1980-2021		5.09	4.94	3.24	1980-2021		2.26	2.24	-0.51
1970-2021		-18.96	-13.15	-21.47	1970-2021		-6.43	-5.14	-8.40

بحث و نتیجه‌گیری

وجود تنوع بالای اقلیمی در ایران، می‌تواند میزان و روند متغیرهای هیدرولوژیک را دست‌خوش تغییرات کند و منجر به رخ‌داده باران‌های شدید، طوفان، حتی خشک‌سالی و افزایش دما شود [۳۰]. در همین راستا، نتایج پژوهش حاضر در شکل‌های ۲ تا ۵ نشان می‌دهد که ایستگاه‌های منتخب در طول دوره آماری دارای ترسالی و خشک‌سالی‌های متناوب بوده‌اند و خشک‌سالی با طبقه‌های متعددی رخ‌داده است. این امر نشان می‌دهد که در آینده نیز احتمال بروز خشک‌سالی با طبقات متعدد در ایران امکان‌پذیر است. در همین راستا جمشیدی [۱٤] بیان داشت ایران طی ٤۰ سال آینده خشک‌سالی‌های بلندمدت را تجربه خواهد کرد که بیان‌کننده پتانسیل مناطق مختلف ایران برای رخداد خشک‌سالی‌های بلندمدت است. تغییر در بارش دریافتی و بروز پدیده خشک‌سالی در مناطق مختلف، سبب شده که آبخیزهای مختلف قدرت کافی در برابر فشارهای وارده و تاب‌آوری مناسب برای جلوگیری از آسیب‌های مختلف را نداشته باشند و باعث تغییر در خدمات دریافتی از سوی آبخیزها توسط ذی‌نفعان گردند [۲]. با همین تعاریف، طول دوره آماری نقش مهم و بسزایی در شناسایی خشک‌سالی و اثرات آن بر آبخیزها دارد [۲۱]. به‌طوری‌که بر اساس شکل‌های ۲ تا ۵ در دوره‌های زمانی مختلف، خشک‌سالی در درجات مختلف رخ‌داده است و به‌تبع آن میزان شاخص‌های پایایی، تاب‌آوری، آسیب‌پذیری و سلامت آبخیز نیز در دوره‌های زمانی مختلف مقدار متفاوتی را نشان داده است. نتایج پژوهش در شکل‌های ٦ و ۷ نشان داد هر چه بر طول دوره آماری افزوده شود مقادیر شاخص‌های سلامت کاهش‌یافته و از دامنه تغییرات آن‌ها کاسته و به همدیگر نزدیک‌تر می‌شوند. اما سال‌های ابتدایی دوره آماری تغییرات و توزیع بیش‌تری در شاخص‌ها را نشان داد. نتایج نشان می‌دهد تغییرات کاهشی/افزایشی شاخص‌های سلامت در ۳۰ سال ابتدایی دوره آماری (۱۳۹۹-۱۳۷۰) نسبت به تغییرات کاهشی/افزایشی شاخص‌های سلامت در ۳۰ سال انتهایی دوره (۱۳٦۹-۱۳٤۰) بیش‌تر است و میزان تغییرات را بهتر نمایش می‌دهد. در همین راستا پورحسینی و سلطانی [۲۲] با ارزیابی تأثیر طول دوره آماری بر خشک‌سالی در ایران نیز بیان داشتند برای ارزیابی خشک‌سالی هر چه طول دوره آماری بیش‌تر باشد میزان حضور دوره‌های ترسالی و خشک‌سالی در دوره ارزیابی بیش‌تر شده و نتایج قابل‌قبول‌تری خواهد داشت اما ارزیابی هم‌بستگی بین سال‌های ابتدایی دوره‌های آماری و سال‌های انتهایی دوره آماری نشان داد که هم‌بستگی سال‌های ابتدایی دوره آماری با کل دوره آماری (٤٦ سال) بیش‌تر بوده است و نتایج بهتری را در شناسایی و ارزیابی خطر خشک‌سالی داشته‌اند. لذا در این پژوهش دوره ۳۱ ساله مناسب برای ارزیابی خشک‌سالی انتخاب‌شده است و نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند. در پژوهشی دیگر صادقی و همکاران [۲۷] با ارزیابی تأثیر طول دوره آماری و تعداد ایستگاه‌های مورداستفاده بر شاخص فرسایندگی باران بیان داشتند هر چه تعداد ایستگاه‌های مورداستفاده بیش‌تر باشد نتایج مناسب‌تر و قابل‌قبول‌تری را ارائه خواهد کرد. از طرفی افزایش طول دوره آماری نیز می‌تواند بر بهبود نتایج تأثیر مطلوبی داشته باشد و نتایج این پژوهش را تأیید می‌کند.

حوزه‌های آبخیز و خدمات ارائه‌شده از سوی آن‌ها تحت‌تأثیر عوامل مختلف ازجمله تغییرات زمانی قرار می‌گیرد. بر همین اساس

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]

در این پژوهش سعی شده است که میزان تأثیر طول دوره آماری بر سلامت آبخیزها و مبتنی بر شاخص خشک‌سالی SPI در دوره زمانی ۱۳۹۹-۱۳٤۰ در سه ایستگاه صحنه، کرمانشاه و هرسین در استان کرمانشاه با استفاده از شاخص خشک‌سالی SPI یک‌ماهه مورد ارزیابی قرار گیرد. نتایج پژوهش نشان داد شاخص‌های پایایی (R_{el})، تاب‌آوری (R_{es})، آسیب‌پذیری (V_{ul}) و متوسط سلامت آبخیز ($R_{el}R_{es}V_{ul}$) در ایستگاه‌های مذکور در سال‌های ابتدایی دوره آماری تغییرات بیش‌تری را نسبت به سال‌های انتهایی و کل دوره داشته است. علاوه بر آن با افزایش طول دوره آماری میزان تغییرات این شاخص‌ها کاهش می‌یابد. نتایج حاکی از آن است که ۳۰ سال ابتدایی دوره موردمطالعه (۱۳۹۹-۱۳۷۰) نتایج مناسب و قابل قبولی را ارائه می‌دهد و با افزایش طول دوره آماری با توجه به افزایش حجم عملیات محاسباتی، شاخص‌ها تغییرات چندانی نخواهند داشت. هم‌چنین پراکنش ایستگاه‌ها در اقلیم‌های مختلف می‌تواند نتایج متفاوتی داشته باشد که پیشنهاد می‌گردد که در مطالعات بعدی تعداد بیش‌تری از ایستگاه‌ها مدنظر قرار بگیرد تا توزیع مکانی بارندگی در سطح وسیع‌تر انجام شود.

منابع

1. Ahn, S.R. and Kim, S.L. 2017. Assessment of integrated watershed health based on the natural environment, hydrology, water quality, and aquatic ecology. Hydrology and Earth System Sciences, 21: 5583-5602.

2. Chamani, R. Sadeghi, S.H.R. Vafakhah, M. and Naghdi, M. 2022. Reliability, resilience, and vulnerability of Chalous Watershed based on drought index. Watershed Engineering and Management, 14(1): 65-75. (In Persian)

3. Dai, Q. Liu, G. Xue, Sh. Lan, X. Zhai, Sh. Tian, J. and Wang, G. 2007. Health diagnoses of ecosystems subject to a typical erosion environment in Zhifanggou Watershed, North-West China. Front of Forestry China, 2(3): 241-250.

4. Duan, T. Feng, J. Chang, X. and Li, Y. 2022. Watershed health assessment using the coupled integrated multistatistic analyses and PSIR framework. Science of The Total Environment, 847, 157523.

5. EPA, Environment Protection Agency. 2012. Identifying and protecting healthy watersheds, EPA 841-B 11-002

6. Ervinia, A. Huang, J. Huang, Y. and Lin, J. 2019. Coupled effects of climate variability and land use pattern on surface water quality: An elasticity perspective and watershed health indicators. Science of the Total Environment, 693, 133592.

7. Hashimoto, T. Loucks, D.P. and Stedinger, J. 1982. Reliability, resilience and vulnerability for water resources system performance evaluation. Water Resources Research, 18: 14-20

8. Hazbavi, Z. 2018. Importance of geology and geomorphology in watershed health assessment. Agriculture & Forestry, 64(4): 277-287.

9. Hazbavi, Z. Baartman, J.E.M. Nunes, J.P. Keesstra, S.D. and Sadeghi, S.H.R. 2018a. Changeability of reliability, resilience and vulnerability indicators with respect to drought patterns. Ecological Indicators, 87: 196-208.

10. Hazbavi, Z. Keesstra, S.D. Nunes, J.P. Baartman, J.E.M. Gholamalifard, M. and Sadeghi, S.H.R. 2018b. Health comparative comprehensive assessment of watersheds with different climates. Ecological Indicators, 93: 781-790.

11. Hazbavi, Z. Parchami, N. Alaei, N. and Babaei, L. 2020. Assessment and analysis of the Koozeh Topraghi Watershed health status, Ardabil Province, Iran. Soil and Water Resources Conservation, 9(3): 121-141. (In Persian)

12. Hazbavi, Z. Sadeghi, S.H.R. and Gholamalifard, M. 2019. Dynamic analysis of soil erosion-based watershed health. Geography, Environment, Sustainability, 12(3): 43-59.

13. Jahangir, M.H. Noor Azar, L. and Azimi, S.M.E. 2019. Analysis of the head of drought branches SPTI, SPI, SPEI using SOFM roots compared network in the Chahar Mahal Bakhtiari Province. Eco Hydrology, 6: 837-847. (In Persian)

14. Jamshidi, R. 2016. Continuity of a decade of drought in stone and water Land, Hamshahri Newspaper, 17 May 2016.

15. Jat, M.K. Khare, D. Garg, P.K. and Shankard, A. 2008. Remote sensing and GIS-based assessment of urbanization and degradation of watershed health: A Case Study. Urban Water Journal, 6(3): 251-263.

16. Kalehhouei, M. Kavian, A. Shahedi, K. and Soltani, M. 2018. Droughts zoning Caspian Plain with using SPI and CZI Indices. Extension and Development of Watershed Management, 6(20): 45-54. (In Persian)

17. Lee, J. Chung, J. Woo, S. Lee, Y. Jung, C. Park, D. and Kim, S. 2021. Evaluation of land-use changes impact on watershed health using probabilistic approaches. Water, 13(17): 2348.

18. Madanchi, P. Shahdi, K.M. Habibnejad, K. and Fatehi Marj, A. 2019. Zoning climatic drought and drought magnitude using SPI Index and Kirijing geostatistical method, case study: Kerman Province. Irrigation and Water Engineering of Iran, 10: 203-226. (In Persian)

19. Mao, X. Wang, X. Chen, Q. and Yin, X. 2014. A PSR-framework- based health assessment of Ulansuhai Lake in china. Polish Journal of Environmental Studies, 23(6): 2093-2012.

20. Mckee, T.B. Doesken, N.J. and Kleist, J. 1993. The

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]
[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]

relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 17(22): 179-183.

21. Naderi, K. Moghadasi, M. Shokri, A. and Ahmadi, F. 2021. Analysis of the effect of statistical period length on occurrence probability of drought using the copula functions approach (Case study: Arak Synoptic Station). Iran Water and Soil Research, 52(9): 2427-2440. (In Persian)

22. Pourhossein, S. and Soltani, S. 2018. The effect of climate, precipitation regime and data record length on the Bhalme & Mooley Drought Index in Iran. Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), 22(2): 159-173. (In Persian)

23. Rani, G. Kaur, J. Kumar, A. and Yogalakshmi, K.N. 2019. Ecosystem health and dynamics: An indicator of global climate change. Contemporary Environmental Issues and Challenges in Era of Climate Change, Springer, Singapore, 1-23.

24. Sadeghi, S.H.R. and Hazbavi, Z. 2016. Watershed health (part 1) conceptual model of reliability, flexibility and vulnerability. Extension and Development of Watershed Management, 14: 39-43. (In Persian)

25. Sadeghi, S.H.R. and Hazbavi, Z. 2017. Spatiotemporal variation of watershed health propensity through reliability-resilience-vulnerability based drought index, case study: Shazand Watershed in Iran. Science of the Total Environment, 587: 168-176.

26. Sadeghi, S.H.R. Hazbavi, Z. and Gholamalifard, M. 2019. Interactive impacts of climatic, hydrologic, and anthropogenic activities on watershed health. Science of the Total Environment, 648: 880-893.

27. Sadeghi, S.H.R. Zabihi, M. and Vafakhah, M. 2016. Effect of data length, study span and number of stations on amount of rainfall erosivity factor variability in different time scales in Iran. Pasture and Watershed, Journal of Natural Resources of Iran, 70(2): 400-409. (In Persian)

28. Shahbazi, Kh. Khosroshahi, M. Heshmati, M. and Saieedifar, Z. 2022. Effects of climate change on dust storm occurrence in Kermanshah Province, Iran. ECOPERSIA, 10(2): 121-131.

29. Smakhtin, V.U. and Hughes, D.A. 2004. Review, automated estimation and analyses of drought indices in South Asia. International Water Management Institute, 3: 1-24.

30. Tabari, H. Agha Kouchak, A. and Willems, P. 2014. A perturbation approach for assessing trends in precipitation extremes across Iran. Journal of Hydrology, 519: 1420-1427.

31. Tirivarombo, S. Osupile, D. and Eliasson, P. 2018. Drought monitoring and analysis: Standardized Precipitation Evapotranspiration Index [SPEI] and Standardized Precipitation Index [SPI]. Physics and Chemistry of the Earth, 106: 1-10.

32. Wiegand, A.N. Walker, C. Duncan, P.F. Roiko, A. and Tindale, N. 2013. A systematic approach for modelling quantitative lake ecosystem data to facilitate proactive urban lake management. Environmental Systems Research, 2: 1-12.

33. Won, J. Choi, J. Lee, O. and Kim, S. 2020. Copula-based joint drought index using SPI and EDDI and its application to climate change. Science of the Total Environment, 744: 140701.

34. Yerdelen, C. Abdelkader, M. and Eris, E. 2021. Assessment of drought in SPI series using continuous wavelet analysis for Gediz Basin, Turkey. Atmospheric Research, 260, 105687.

35. You, Q. Fang, N. Jian, M. Hu, Q. Yao, B. Liu, D. and Yang, W. 2022. A reliability-resilience-vulnerability framework for measuring the influence of changes in water level fluctuations on lake conditions. Ecological Indicators, 134, 108468.

36. Zhang, F. Zhang, J. Wu, R. Ma, Q. and Yang, J. 2015. Ecosystem health assessment based on DPSIRM framework and health distance model in Nansi Lake, China. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 30: 1235-1247.

37. Zhang, Sh. Xiang, M. Xu, Z. Wang, L. and Zhang, Ch. 2020. Evaluation of water cycle health status based on a cloud model. Journal of Cleaner Production, 245: 118850.

38. Zohrevandi, A.A. and Sagheb Talebi, K. 2021. Distribution pattern of Wild pear (Pyrus spp.) in the forests of Kermanshah Province of Iran. Applied Biology, 33(4): 165-178.

39. Zolfaghari, H. Sahrai, J. Sahaghobadi, F. and Jalilian, A. 2014. Analysis on synoptic and dynamic aspects of air pollution in Kermanshah City. Journal of Geography and Environmental Hazards, 3(1): 75-96. (In Persian)

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]

نشریه علمی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 17, No. 61, Summer 2023 سال هفدهم- شماره ٦١- تابستان ١٤٠٢

Effectability of SPI-based Watershed Health Index from Data Length

S.H.R. Sadeghi[1], M. Kalehhouei[2], R. Chamani[3] and Kh. Haji[4]

Received: 28-08-2022 Accepted: 10-01-2023

Abstract

Watershed health provides an integrated view of the factors influencing the watershed conditions. In the current study, the data length effect on changes in SPI-based watershed health index was evaluated using the $R_{el}R_{es}V_{ul}$ framework for the period of 1961-2021 in Sahneh, Kermanshah, and Harsin stations in Kermanshah Province, Iran. For this purpose, reliability (R_{el}), resilience (R_{es}), vulnerability (V_{ul}) indicators, and mean watershed health ($R_{el}R_{es}V_{ul}$) were calculated in different periods. According to the results, watershed health indicators were different in 1961-1980, 1981-2000, and 2001-2021. In addition, with the increase in the length of the statistical period, health indicators had different changes, so that in short-term data, the changes of the indicators mentioned above were more than the whole period. The maximum changes in the first 30 years of the statistical period, and with the increase in the length of the statistical period until the end of the period, changes decreased. Accordingly, the last 30 years of the statistical period have reliable results in calculating health indicators. Considering massive calculations, climatic data deficits, and limited stations while increasing the length of the statistical period, it is suggested to use the climatic data of the last 30 years to estimate watershed health.

Keywords: Drought, Temporal analysis, Watershed health assessment, Watershed management.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-11-05]

[DOR: 20.1001.1.20089554.1402.17.61.6.0]

1. Corresponding Author and Professor Department of Watershed Management Engineerin, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Email: sadeghi@modares.ac.ir
2. Former Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.
3.Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.
4. Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University.