Golestan University

Journal of the Climate Change Research

Scientific Journal of Golestan University
Vol. 5, No. 20, Winter 2024

Comprehensive assessment of drought severity with multi-indicator approach in Saravan city-Sistan and Baluchistan province

MohammadAnvar Bozorgzadeh[1], Hossein Jahantigh[2]*, MohammadReza Rigi[3], Mojtaba Mohammadi[4]

[1] MSc, Graduate, Desert Management and Control, Faculty of Agriculture and Natural Resources .University of Saravan, Saravan, Iran
[2]Associate Professor of Desert Management and Control, Faculty of Agriculture and Natural Resources .University of Saravan, Saravan, Iran, Email: hjahantigh5@gmail.com
[3] Assistant Professor of Desert Management and Control, Faculty of Agriculture and Natural Resource . University of Saravan, Saravan, Iran, Email: mr.rigi@saravan.ac.ir
[4] Assistant Professor of Desert Management and Control, Faculty of Agriculture and Natural Resources .University of Saravan, Saravan, Iran, Email: mohamadi613@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-4-30
Accepted: 2024-6-7

Keywords:
Sustainable Development
Drought Index
Saravan
Crisis Management

ABSTRACT

Natural Drought, a natural phenomenon that ranks foremost among all natural disasters in its impact on communities, demands a comprehensive study utilizing appropriate drought indices given its significance and detrimental effects on diverse regions, including Iran. Effective drought management strategies hinge on accurate identification of drought periods using suitable indices. Saravan County has experienced recurrent droughts in recent years, with severe consequences for agriculture, water resources, and socioeconomic conditions. Identifying drought's effects on environmental sustainability in this county and proposing effective measures to mitigate environmental degradation is crucial. This study employed eight drought indices to assess drought severity in Saravan County: Decile Precipitation Index (DPI), Percent of Normal Precipitation Index (PNPI), Palmer Drought Severity Index (PDSI), Standardized Water Supply Index (SWSI), Standardized Precipitation Index (SPI), Crop Moisture Index (CMI), Rainfall Anomaly Index (RAI),Effective Drought Index (EDI). The analysis revealed that areas experiencing drought conditions occupy the most extensive area in the region, with this category spanning vast areas in the central, western, northwestern, and eastern parts. The severe drought category encompasses a portion of the northern and northeastern region. The findings highlight the need for adopting a comprehensive approach to drought management in Saravan County, incorporating multiple drought indices to accurately assess drought severity and implement effective mitigation strategies. By understanding the spatiotemporal distribution of drought, policymakers and stakeholders can develop targeted interventions to safeguard the region's agricultural productivity, water resources, and environmental sustainability.

Cite this article: Bozorgzadeh, M.A., Jahantigh, H., Rigi, M.R., Mohammadi, M. (2024). Comprehensive assessment of drought severity with multi-indicator approach in Saravan city-Sistan and Baluchistan province. Journal of the Climate Change research, 5 (20), 19-32.

©The author(s)
Publisher: Golestan University
Doi: 10.30488/CCR.2024.455005.1211

نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی

فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال پنجم/ شماره مسلسل بیستم/ زمستان ۱۴۰۳ / صفحات: ۳۲-۱۹

ارزیابی جامع شدت خشکسالی با رویکرد چند شاخصی در شهرستان سراوان استان سیستان و بلوچستان

محمدانور بزرگزاده[۱]، حسین جهانتیغ[۲*]، محمدرضا ریگی[۳]، مجتبی محمدی[۴]

[۱] دانش آموخته کارشناس ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه سراوان، سراوان

[۲] دانشیار گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه سراوان، سراوان، ایران، رایانامه: h.jahantigh5@gmail.com

[۳] استادیار گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه سراوان، سراوان، ایران، رایانامه:mr.rigi@saravan.ac.ir

[۴] استادیار گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه سراوان، سراوان، ایران، رایانامه:mohamadi613@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۲/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۸

واژه‌های کلیدی:
توسعه پایدار
شاخص خشکسالی
سراوان
مدیریت بحران

چکیده

خشکسالی یک بحران طبیعی است که در بین همه بحران‌های طبیعی از منظر تحت تاثیر قرار دادن جوامع، در جایگاه نخست است، با توجه به اهمیت خشکسالی و تأثیر مخرب آن بر مناطق مختلف از جمله ایران، انجام مطالعه جامع تری در مورد این پدیده طبیعی بر اساس شاخص خشکسالی مناسب، ضروری است. در واقع تشخیص دوره‌های خشکسالی با استفاده از یک شاخص مناسب منجر به راهکارهای مناسب برای مدیریت بهتر خشکسالی می شود. از سوی دیگر در سالیان گذشته در شهرستان سراوان وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی موجب اثرات منفی بر کشاورزی، منابع آب و اقتصادی و اجتماعی داشته است. از این رو شناسایی اثرات خشکسالی بر ناپایداری زیست محیطی در این شهرستان و ارائه راهکارهای مناسب در راستای کاهش تخریب محیط‌زیست در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. از این رو در این پژوهش هشت شاخص خشکسالی شامل شاخص دهک‌های بارندگی (DPI)، شاخص درصد نرمال بارندگی (PNPI)، شاخص خشکسالی پالمر (PDSI)، شاخص ذخیره آب سطحی (SWSI)، شاخص بارش استاندارد (SPI)، شاخص رطوبت زارعی (CMI)، شاخص ناهنجاری‌های بارندگی (RAI) و شاخص خشکسالی موثر (EDI) به منظور بررسی شدت خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی در شهرستان سراوان پرداخته شد. نتایج بررسی خشکسالی با استفاده از این شاخص‌ها نشان داد که مناطق با وضعیت خشکسالی بیشترین مساحت را در منطقه پوشش داده این کلاس در بخش‌های مرکزی، غرب و شمال غرب و شرق به صورت پهنه وسیعی گسترده شده است. کلاس با وضعیت خشکسالی شدید نیز بخشی از شمال و شمال شرق منطقه به خود اختصاص داده است.

استناد: بزرگزاده، محمدانور؛ جهانتیغ، حسین؛ ریگی، محمدرضا؛ محمدی، مجتبی. (۱۴۰۳). ارزیابی جامع شدت خشکسالی با رویکرد چند شاخصی در شهرستان سراوان- استان سیستان و بلوچستان. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۵ (۲۰)، ۳۲-۱۹.

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسندگان.

Doi: 10.30488/CCR.2024.455005.1211

مقدمه

مخاطرات طبیعی یکی از عمده‌ترین چالش‌های پژوهشگران سرتاسر جهان است. به صورتی که به عنوان یکی از اصلی‌ترین پرسش‌ها پیرامون دستیابی به توسعه پایدار جهانی است (Castro et al., 2019). به ویژه در کشورهای در حال توسعه از اهمیت افزون‌تری برخوردار است (Cutter et al., 2016)، این چالش در این کشورها خسران‌های بیشمار و فراوانی به بار آورده است و موجب ورشکستگی اقتصاد محلی و منطقه‌ای در این پهنه‌ها شده است (Liu et al., 2017). خشکسالی یک بحران طبیعی است که در بین همه بحران‌های طبیعی از منظر تحت تاثیر قرار دادن جوامع، در جایگاه نخست است، این بحران بخش جدایی‌ناپذیر نوسانات اقلیمی است (حجازی‌زاده و جوی‌زاده، ۱۳۹۸). براساس آمار گزارش شده توسط پایگاه داده‌های بین‌المللی مخاطره ام-دات (۲۰۲۱) بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۹ بیش از ۶۹۹۲ مخاطره طبیعی در جهان روی داده که ۱۰۶۳ مخاطره مربوط به وقوع خشکسالی بوده است (Campbell et al., 2011). پژوهش‌های تانگو و همکاران (۲۰۱۶) روشن ساخت که خسارات اقتصادی بحران خشکسالی هر ساله رقمی حدود ۶ تا ۸ میلیارد دلار افزون‌تر از هر حادثه هواشناسی دیگری است. پیدایش خشکسالی در پیوند با نوسانات اقلیمی موجب اثرات منفی بیشتری بر روی پایداری و ناپایداری زیست محیطی می‌شود (صادقلو و سجاسی قیداری، ۱۳۹۳). از سویی در نظر نگرفتن تنگناهای محیط زیست موجب تخریب محیط زیست و تشدید بحران‌های زیست محیطی می‌گردد (Toro et al., 2010). رخداد خشکسالی باعث ایجاد محدودیت در جوامع انسانی شده و پایداری محیطی را در معرض خطر جدی قرار داده است. نشست‌های سطح بالای خط مشی خشکسالی ملی توسط تعداد بیشماری از آژانس‌های سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۳ برگزار گردید. در این نشست‌ها توصیه‌ها و راهکارهای عملی به منظور حل بحران‌های خشکسالی ارائه گردید. بر پایه گزارش دیگر این سازمان، محیط زیست کشورها در برابر رخداد خشکسالی بسیار آسیب‌پذیر و با ناپایداری منابع آب، خاک، مراتع، جنگل‌ها و پوشش گیاهی روبرو هستند از این رو رخداد خشکسالی و نشان آن بر منابع طبیعی و توسعه کشورها به یکی از مهمترین چالش‌های جوامع تبدیل شده است از سویی دیگر، امروزه در سراسر جهان و به خصوص کشورهای توسعه نیافته، تخریب منابع طبیعی و محیط زیست به دلیل وقوع خشکسالی‌ها از مشکلات عمده در زندگی انسان‌ها است (Katungi et al, 2012) به نحوی که تخریب محیط زیست و ناپایداری محیطی منجرب به آسیب‌های بیشماری به انسان شده است.

با توجه به جدی بودن این مشکلات و ضرورت حفظ منابع، بیشتر کشورها برنامه‌هایی مانند برنامه حفاظت آب و خاک، مراتع، پوشش گیاهی و کشاورزی پایدار را آغاز کرده‌اند. در ایران نیز در ماده ۴۴ قانون حفاظت و بهره‌برداری از منابع آب و خاک، جنگل‌ها و مراتع مصوب سال ۱۳۴۶ به حفاظت و بهره‌برداری بهینه از منابع و محیط‌زیست توجه شده است (تقی‌زاده انصاری، ۱۳۷۴). چرا که استفاده، حفاظت و بهره‌برداری بهینه از منابع و محیط زیست به خاطر فواید اقتصادی آنها، و برای بخش‌های مختلف زراعت، باغبانی، دام، طیور، مرتع و جنگل لازم و ضروری است (بدیع برزین و همکاران، ۱۳۹۸). از این‌رو هرگونه بهره‌برداری از طبیعت باید به گونه‌ای باشد که براساس ظرفیت و پتانسیل محیط صورت گیرد. بنابراین توجه به حفظ و پایداری محیط‌زیست و حفظ این عوامل و همچنین برنامه‌ریزی برای مقابله با پیامدهای منفی وقوع خشکسالی بر ناپایداری زیست محیطی ضرورت دارد.

بر پایه گزارش سازمان ملل (۲۰۱۴) ایران جز ۳۱ کشور جهان است که با بحران خشکسالی و کمبود آب مواجه است (پورطاهری و همکاران، ۱۳۹۲). در این میان استان سیستان و بلوچستان و شهرستان سراوان نیز با بحران خشکسالی و کاهش بارش رو به رو هستند. در این پهنه از جنوب شرق کشور چالش‌های مختلف زیست‌محیطی مانند وقوع خشکسالی، کاهش منابع آب، کاهش تراکم جنگل‌ها و مراتع، تغییر

کاربری اراضی طبیعی، برداشت بیش‌ازحد منابع آبی، حفر غیرمجاز چاه‌ها، فرسایش خاک، خشک شدن آب‌ها، و غیره دامن‌گیر اهالی این شهرستان هستند و این منطقه را به لحاظ وضعیت زیست‌محیطی به سمت ناپایداری سوق داده است. این عوامل باعث افزایش فشار و استفاده بیشتر از منابع محیطی، و تخریب‌های محیط زیست شده است. از سوی دیگر در سالیان گذشته در شهرستان سراوان وقوع خشکسالی‌های پی‌درپی موجب کاهش آب‌های زیر زمینی و سطحی، کاهش سطح زیر کشت و کاهش راندمان محصولات کشاورزی، کاهش دام، و در نتیجه کاهش فعالیت‌های کشاورزی و درآمد آنها را به دنبال داشته است (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۸). نبود گزینه‌های معیشتی در کنار طبیعت منزوی، فقدان، رفاه و نبود انگیزه‌های لازم برای زندگی، زمینه‌ساز مشکلات سیاسی، اقتصادی، اجتماعی و امنیتی برای خانوارهای این منطقه بوجود آورده است. به نحوی که در اثر رخداد خشکسالی در این پهنه، بسیاری از ساکنان روستاها به سوی شهرها و شهرستان‌های دیگر مهاجرت نموده‌اند. از این رو شناسایی اثرات خشکسالی بر ناپایداری زیست محیطی در این شهرستان و ارائه راهکارهای مناسب در راستای کاهش تخریب محیط‌زیست در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. نظر به اهمیت این موضوع، در پژوهش حاضر به بررسی اثرات خشکسالی بر پایداری و ناپایداری زیست محیطی (آب، خاک، پوشش گیاهی و مراتع و چراگاه) در شهرستان سراوان پرداخته می‌شود. به همین خاطر بررسی اثرات خشکسالی بر پایداری و ناپایداری زیست محیطی (آب، خاک، پوشش گیاهی و مراتع و چراگاه) شهرستان سراوان و شناسایی استراتژی‌های مقابله‌ای برای کاهش پیامدها و آسیب‌پذیری خشکسالی بر پایداری این منابع با هدف توسعه پایدار ضروری می‌باشد.

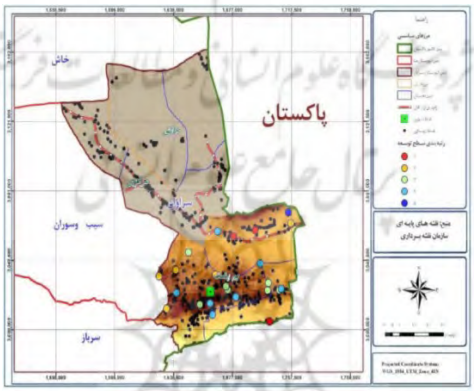
در زمینه بررسی اثرات خشکسالی بر وضعیت پایداری محیطی مطالعاتی بسیاری انجام گرفته است و هر کدام از این تحقیقات با توجه به هدف مطالعه خود، یک یا چند عامل از عوامل موثر بر ناپایداری را مورد بررسی قرار داده‌اند و هر یک از محققان، عواملی را در این زمینه شناسایی نموده‌اند. طولابی نژاد و همکاران (۱۳۹۷)، در مطالعه ای با استفاده از روش توصیفی- تحلیلی به بررسی وضعیت پایداری روستاهای شهرستان پلدختر بر اساس نگرش‌های زیست محیطی پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که شهرستان پلدختر از نظر عوامل پایداری در شرایط ناپایداری قرار دارند. مهمترین عامل ناپایداری در این شهرستان عامل مراتع و چراگاه‌ها می‌باشند و تنها عاملی که در وضعیت تاحدودی پایدار قرار دارد عامل خاک است. اکبریان و رمضان زاده‌لسبویی (۱۳۹۸)، در مطالعه‌ایی با استفاده از روش توصیفی- تحلیلی به بررسی تحلیل تاب‌آوری کشاورزان در برابر خشکسالی با تأکید بر عوامل اقتصادی، زیست محیطی و سرمایه اجتماعی در شهرستان استهبان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در فرآیند تاب‌آوری در برابر خشکسالی سرپرست خانوار از بین دو عامل کلیدی سرمایه اجتماعی و اقتصادی، عوامل اقتصادی تأثیر بیشتری در میزان تاب‌آوری در برابر خشکسالی دارد. بهرامی و سپهری (۱۴۰۰)، در مطالعه‌ای با استفاده از روش توصیفی- تحلیلی به بررسی اثرات اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی خشکسالی بر مناطق روستایی استان کردستان پرداختند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که وقوع خشکسالی به ترتیب بشترین اثر را بر ناپایداری اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی داشته است. همچنین، در میان این عوامل، بیشترین تأثیرات خشکسالی به سه متغیر کاهش سطح درآمد، کاهش دبی آب چشمه‌ها و مهاجرت بوده است. آنان استفاده از ذخیره آب سدها، توسعه نظام باغداری و آموزش را از راهکارهای مقابله با اثرات خشکسالی بر پایداری و ناپایداری پیشنهاد دادند. Garrick (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای با استفاده از روش میدانی به بررسی اثرات و پیامدهای خشکسالی بر پایداری و ناپایداری مناطق روستایی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که خشکسالی بیشترین اثرات را بر منابع آب و آبیاری و عوامل ساختاری- نهادی داشته است و از این طریق با کاهش ناپایداری مناطق مختلف منجر شده است. Castro (۲۰۱۹)، در مطالعه ایی با استفاده از روش

مروری به بررسی روش‌های سازگاری روستاییان در برابرت تغییرات اقلیمی با تاکید بر خشکسالی در کشورکلمبیا پرداخته و به این نتیجه رسیدند که خشکسالی باعث ناپایداری منابع طبیعی شده و خانوارهای با منابع بیشتر به طور موقت به عنوان یک شیوه سازگاری در مراحل اولیه مهاجرت را انتخاب می‌کنند، در حالی که خانواده‌هایی با آسیب پذیری بالا در محل از شیوه‌هایی سازگاری استفاده می‌کنند. Wang et al (2020) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات خشکسالی بر محیط زیست و سیستم‌های اکولوژی جوامع انسانی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که خشکسالی اثرات و پیامدهایی مختلفی مانند فرسایش خاک و کاهش کیفیت مراتع داشته است.

با توجه به اهمیت خشکسالی و تأثیر مخرب آن بر مناطق مختلف از جمله ایران، انجام مطالعه جامع تری در مورد این پدیده طبیعی بر اساس شاخص خشکسالی مناسب ضروری است. از طرفی خشکسالی می تواند منابع آب و مدیریت آنها را تحت تأثیر قرار دهد. درک نادرست خشکسالی و زمان وقوع آن می‌تواند برای دولت‌ها هزینه‌برتر باشد و منجر به مدیریت غیراصولی توسط مدیران، کارشناسان و مهندسان شود. بنابراین لازم است در انتخاب بهترین شاخص توجه بیشتری شود. بنابراین لازم است در انتخاب بهترین شاخص توجه بیشتری شود. در واقع تشخیص دوره‌های خشکسالی با استفاده از یک شاخص مناسب منجر به راهکارهای مناسب برای مدیریت بهتر خشکسالی می‌شود. متأسفانه اکثر محققان بدون انتخاب بهترین شاخص از بین شاخص‌های موجود، یک شاخص را برای تحلیل خشکسالی اعمال کردند. اما برای تحلیل صحیح خشکسالی، استفاده از بهترین شاخص خشکسالی ضروری است.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه: سراوان از شهرستان‌های شرقی استان سیستان و بلوچستان در مرز کشور پاکستان با وسعتی حدود ۱۳۹۰۵ کیلومتر مربع در مرکز استان واقع شده این شهرستان در سال ۱۳۹۵ دارای ۱۳۲۷۴۶ نفر جمعیت بوده است. این شهرستان در گستره بین ´۳۹ °۴۹ تا ´۴ °۵۰ طول شرقی و ´۳۷ °۳۳ تا ´۵۰ °۳۳ عرض شمالی قرار گرفته است. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۱۶۵ متر و مسافت آن تا تهران ۱۹۰۶ و مرکز استان ۳۵۲ کیلومتر است. شکل شماره (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه (ماخذ: نویسنده)

خشکسالی به‌عنوان یک پدیده مخرب در اقلیم‌های مختلف رخ می دهد و اثرات مخرب آن در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران قابل توجه است. با توجه به وابستگی موجودات زنده به منابع آبی و توجه به اثرات زیانبار خشکسالی شدید بر منابع آب و خاک، تحلیل روند دوره‌های خشک و مرطوب بسیار حیاتی است. برای ارزیابی کمی و کیفی خشکسالی در کل جهان، شاخص‌های خشکسالی متفاوتی توسط محققان

ارائه شده است.برخی از شاخص‌ها مانند شاخص شدت خشکسالی پالمر (PDSI) (پالمر ۱۹۶۵)، شاخص رطوبت محصول (پالمر ۱۹۶۸)، و شاخص استاندارد شده تبخیر و تعرق بارندگی (SPEI) (Vicente-Serrano و همکاران، ۲۰۱۰) از داده‌های دما ترکیب شده‌اند. داده‌های بارش همراه با رطوبت خاک برای محاسبه برخی از شاخص‌ها مانند شاخص کفایت رطوبت (McGuire) استفاده می‌شود (Palmer, 1957). علاوه بر این، برخی از شاخص‌های استاندارد وجود دارد که فقط از داده‌های بارش استفاده می کنند (Khanmohammadi et al, 2022). شاخص‌های خشکسالی مورد استفاده در این مطالعه به شرح زیر است.

شاخص دهک‌های بارندگی (DPI): این شاخص توسط Maher and Gibbs (1967) به‌منظور رفع نواقص موجود در روش درصد از نرمال ارائه شده است. این روش بر مبنای کاربرد توزیع فراوانی تجمعی یک ایستگاه بنا شده و توسط محققین اسرتالیایی استفاده می‌شود. شاخص DPI وقوع بارندگی‌های طولانی‌مدت را در دهم‌هایی از توزیع نرمال تقسیم کرده که هریک از این گروه‌ها را یک دهک می‌نامند. تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص بارش می‌باشد و مقیاس زمانیکه در این شاخص استفاده شده است نیز مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه می‌باشد. اصول کلی محاسبه شاخص دهک‌هابه‌صورت زیرمی‌باشد

رابطه ۱) $PI=i/(N+1)*100$

که در آن Pi احتمال وقوع بارندگی و N تعداد داده‌های بارندگی می‌باشد. پس از محاسبه آن در جدول دهک‌ها جانمایی می‌گردد (جدول ۱).

جدول ۱: طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص دهک‌ها

ردیف	درصد وقوع	وضعیت خشکسالی	شماره دهک
۱	کمتر از ۱۰	خشکسالی خیلی شدید	اول
۲	۱۰ تا ۲۰	خشکسالی شدید	دوم
۳	۲۰ تا ۳۰	خشکسالی	سوم
۴	۳۰ تا ۴۰	تقریبا نرمال	چهارم
۵	۴۰ تا ۵۰	نرمال	پنچم
۶	۵۰ تا ۶۰	کمی نرمال	ششم
۷	۶۰ تا ۷۰	کمی مرطوب	هفتم
۸	۷۰ تا ۸۰	مرطوب	هشتم
۹	۸۰ تا ۹۰	بسیار مرطوب	نهم
۱۰	بیشتر از ۱۰۰	فوق العاده مرطوب	دهم

شاخص درصد نرمال بارندگی (PNPI): یکی از مهم‌ترین شاخص‌هایی است که برای ارزیابی خشکسالی استفاده می‌شود و از تقسیم میزان بارندگی رخ داده برمقدار بارندگی نرمال به‌دست‌آمده و مقدار آن بر حسب درصد بیان می‌شود. یکی از مزیت‌های این شاخص درصد طبیعی در یک منطقه یا فصل مؤثر است. در این شاخص درصدنرمال نمی‌تواند فرکانس خروج از حالت طبیعی یا بامکان‌های مختلف را مقایسه کند. همچنین این شاخص نمی‌تواند تأثیرات خاصی از خشکسالی، عامل مهار یا برنامه‌ریزی کاهش خطرخشکسالی را تعیین کند. Willeke et al (1994) معادله این شاخص در رابطه (۲) ذکر شده است:

رابطه ۲) $PNPI=Pi/P*100$

جدول ۲: طبقات مختلف شاخص PNPI

ردیف	وضعیت خشکسالی	عددشاخص (درصد)
۱	خشکسالی صغیف	۷۰ تا ۸۰
۲	خشکسالی متوسط	۵۵ تا ۷۰
۳	خشکسالی شدید	۴۰ تا ۵۵
۴	خشکسالی بسیار شدید	کمتر از ۴۰

شاخص خشکسالی پالمر (PDSI): این شاخص یکی از مهم‌ترین روش‌های مطالعه خشکسالی از طریق محاسبه بیلان آبی است که توسط Palmer (1965) ارائه شد و به‌صورت گسترده در آمریکا و سایر کشورها استفاده شده است. برای استفاده از این شاخص باید تحلیل‌های آب و هوایی دراز مدت به‌منظور محاسبه پنج ثبات یا ضریبی که ویژگی‌های رطوبتی ویژه ای از آب وهوای منطقه را تعریف می‌کند، انجام گیرد. در ابتدا این شاخص نیازمندمطالعه بیلان آبی ماهانه درازمدت می‌باشد. شاخص پالمر مدل دو لایه‌ای خاک را به‌کار گرفته و از طریق شاخص تورنت وایت میزان تبخیرتعرق را محاسبه می نماید. بااین‌حال شاخص مذکور روش خاصی را برای محاسبه تبخیرتعرق بالقوه نیاز ندارد. نتایج تحلیل‌های دراز مدت بیانگرتغییرات شاخص مذکور در دامنه-۴ تا+۴ می‌باشد. ارزش صفر در این شاخص بیانگر شرایط طبیعی منطقه بوده که در طی زمان ارزش مزبور می‌تواند ناهنجاری‌های مثبت (حالت سیلابی یا پربارانی) و ناهنجاری‌های منفی (خشکسالی) داشته باشد.

جدول ۳: شدت خشکسالی براساس شاخص پالمر (PDSI)

ردیف	عدد شاخص	وضعیت
۱	۴ یا بیشتر	بسیار مرطوبتر از نرمال
۲	۳ تا ۳/۹۹	خیلی مرطوب تر از نرمال
۳	۲ تا ۲/۹۹	نسبتا مرطوب تر از نرمال
۴	۱ تا ۱/۹۹	کمی مرطوب تر از نرمال
۵	۰/۵ تا ۰/۹۹	ناحیه مرطوب
۶	۰/۴۹+ تا ۰/۴۹-	تقریبا نرمال
۷	۰/۵- تا ۰/۹۹-	ابتدای خشکسالی
۸	۱-تا ۱/۹۹-	خشکسالی ملایم
۹	۲- تا ۲/۹۹-	خشکسالی متوسط
۱۰	۳-تا ۳/۹۹-	خشکسالی شدید
۱۱	۴-و کمتر	خشکسالی شدید

شاخص ذخیره آب سطحی(SWSI): این شاخص را Dezman and Shafer (1982) به‌منظور تکمیل فهرست پالمر برای شرایط رطوبتی اراضی ایالت کلرادو تهیه نمود. این پارامتر به‌عنوان شاخصی برای شرایط آب‌های سطحی طراحی شده و از آن‌جایی‌که مقدار برف کوهستان‌ها در آن مؤلفه مهمی به‌شمار می‌رود، به‌عنوان شاخص مبتنی بر شرایط کوهستان توصیف شده است. در شاخص تأمین آب سطحی چهار مؤلفه هیدرولوژیکی به‌کار رفته است که عبارتند از: پوشش برفی، بارش، جریان رود و ذخیره رطوبتی خاک. ۴ مولفه اصلی آن پوشش برف، بارش، جریان رود، ذخیره رطوبتی خاک می‌باشد.

رابطه ۳)

$$SWSI= SNOW + PREC + CP + DP – 50 / 12$$

جدول ۴: طبقه‌بندی شاخص ذخیره آب سطحی (SWSI)

ردیف	تغییرات رطوبت	عدد معرف شاخص
۱	مرطوبت بسیار شدید	بالای ۴
۲	مرطوب شدید	۳ تا چهار
۳	مرطوب متوسط	۲ تا ۲/۹۹
۴	مرطوب ضعیف	۱ تا ۱/۹۹
۵	نردیک نرمال	۰/۹۹- تا ۰/۹۹+
۶	خشکسالی ضعیف	۱/۹۹- تا ۱-
۷	خشکسالی متوسط	۲/۹۹- تا ۲-
۸	خشکسالی شدید	۳- تا ۴-
۹	خشکسالی بسیار شدید	بالای ۴-

شاخص بارش استاندارد (SPI): این از روش‌های تعیین خشکسالی، شاخص بارش استاندارد شده است که توسط Mackee et al (1993) و با هدف پایش خشکسالی در ایالت کلرادو ارائه شد. این شاخص به‌دلیل سادگی در محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی و هر نوع شرایط آب و هوایی به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص شناخته می‌شود. شاخص مذکور برای محاسبه خشکسالی در مقیاس‌های کوتاه‌مدت (۱، ۳ و ۶ ماهه) و بلندمدت (۱۲، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ماهه) و برمبنای داده‌های بارش که همبستگی بالایی نسبت به هم دارند استوار است. این شاخص به دلیل سادگی در محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی و هر نوع شرایط آب و هوایی به عنوان مناسب‌ترین شاخص شناخته شده است.

رابطه ۴) $SPI= PI –P /S$

جدول ۵: طبقه‌بندی شاخص خشکسالی SPI

ردیف	وضعیت	SPI
۱	فرا مرطوب	≥۲
۲	بسیار مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
۳	نسبتا مرطوب	۱ تا ۱/۴۹
۴	نزدیک نرمال	۰/۹۹- تا ۰/۹۹
۵	نسبتا خشک	۱- تا ۱/۴۹-
۶	بسیار خشک	۱/۵- تا ۱/۹۹-
۷	فرا خشک	≤-۲

شاخص رطوبت زارعی (CMI): این شاخص وضعیت رطوبت در دوره‌های زمانی کوتاه محصولات زراعی عمده است. خشکسالی کشاورزی بالقّوه را تعریف می‌کند. در این شاخص راهبرهای هواشناسی، جهت نمایش وضعیت محصولات زراعی بکار برده می شود. شاخص رطوبت محصول جهت تغییرات کوتاه مدت وضعیت رطوبت در مناطق عمده کشت زراعی استفاده می‌شود. این شاخص بیانگر ارزیابی خشکسالی‌های طولانی مدت است. این شاخص سریعا به شرایط متغییر پاسخ می‌دهد و به وسیله مکان و زمان، دارای ضرایب وزنی است. این شاخص مانند شاخص پالمر است با این تفاوت که شاخص پالمر برای پایش بلند مدت شرایط رطوبتی بکار می رود ولی شاخص رطوبت محصول برای پایش خشکسالی‌های بلند مدت ابزار مناسبی نیست.

جدول ۷: طبقه‌بندی درجه شاخص رطوبت محصول(CMI)

ردیف	وضعیت خشکسالی	عدد خشکسالی
۱	خیلی زیاد	<-۳
۲	زیاد	۲/۹- تا ۲-
۳	تقریبا خشک	۱/۹- تا ۱-
۴	خیلی کم خشک تا کم مرطوب	۰/۹ تا ۰/۹-
۵	تقریبا مرطوب	۱/۵ تا ۱
۶	مرطوب	۲/۵ تا ۲
۷	خیلی مرطوب	>۳

شاخص ناهنجاری‌های بارندگی (RAI): شاخص ناهنجاری بارندگی را Rooy-Van (1965) ارائه کرده است و اساس آن محاسبه انحراف میزان بارندگی از مقدار نرمال می‌باشد. این شاخص قابلیت مقایسه مناطق مختلف از نظر شدت خشکسالی (به‌ویژه در ماه‌های پرباران) را دارد. در ایستگاه‌های مناطق خشک به‌دلیل عدم وقوع بارندگی در تعداد زیادی از سال‌های یک دوره آماری، امکان مقایسه سال‌های آماری از نظر شدت خشکسالی در یک ماه معین (به‌خصوص ماه‌های کم باران سال) وجود ندارد. تنها عامل مؤثر در محاسبه این شاخص بارش می‌باشد. این شاخص در دو مقیاس زمانی ماهانه و سالانه به‌کار برده می‌شود.

شاخص فوق براساس روابط (۵) و (۶) محاسبه می‌شود اگر P >یا ناهنجاری مثبت باشد، شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

$$RAI = 3\left[\frac{P-\bar{P}}{\bar{m}-\bar{P}}\right]$$

اگر P <یا ناهنجاری منفی باشد، شاخص ناهنجاری بارندگی با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$RAI = -3\left[\frac{P-\bar{P}}{\bar{X}-\bar{P}}\right]$$

شاخص خشکسالی موثر (EDI): در این شاخص خشکسالی به طور روزانه پایش می‌شود که این قابلیت در شاخص‌های قبلی مد نظر نبوده است. اصلی‌ترین مفهوم در این شاخص، بارش موثر (EP) است که در واقع جمع بارش روزانه با یک تابع کاهشی وابسته به زمان می‌باشد. به عبارت دیگر EP هر روز تابعی از بارندگی همان روز و یک دوره ماقبل خود بوده که در آن بارشهای اخیر نسبت به بارش‌های قدیمی‌تر وزن بیشتری دارند. مراحل محاسباتی این شاخص با انتخاب دوره فرضی کمبود آب آغاز می‌گردد و در ادامه محاسبات دوره واقعی آن تعیین خواهد شد. این دوره فرضی میتواند ۳۶۵ روز (نماینده مقدار کل منابع آب ذخیره شده برای یک دوره طولانی و یا ۱۵ روز نماینده مقدار کل منابع آب ذخیره شده برای یک دوره کوتاه مدت) باشد. در این تحقیق دوره ۳۶۵ روز که سیکل بارندگی قالب جهانی و حاکم بر کشور است

انتخاب گردید. بعد از انتخاب تداوم فرضی می‌توان محاسبات را مطابق مراحل زیر ادامه داد. محاسبه EP با استفاده از رابطه زیر انجام می‌شود:

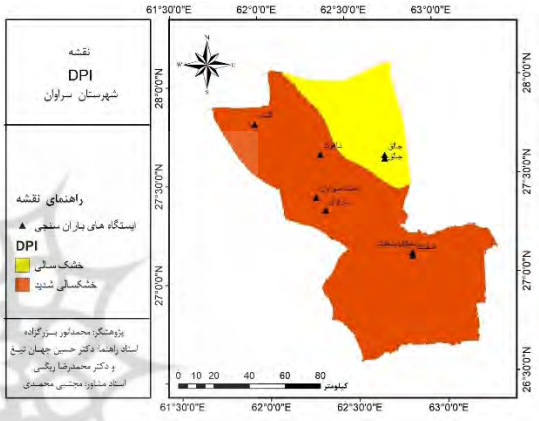
رابطه ۶)

$$EP_i = \sum_{n=i}^{i}[(\sum_{m=1}^{n} P_m)/n]$$

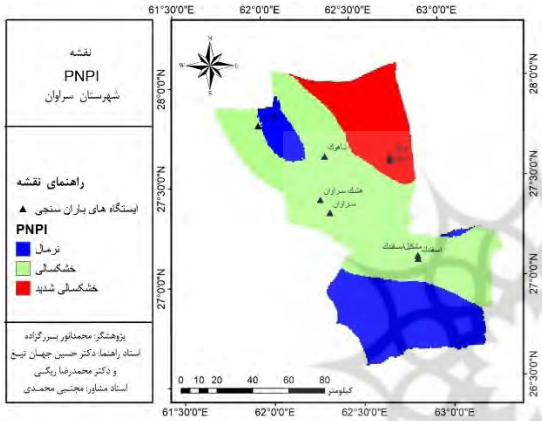
نتایج

نتایج بررسی شدت خشکسالی بر اساس شاخص خشکسالی دهک‌های بارندگی (DPI) نشان داد که مقادیر اختصاص یافته به کلاس‌ها از ۳/۴ تا کمتر از ۴-۶ است (شکل ۳). بطوری که شکل شماره ۳ نشان می دهد خشک‌سالی با وضعیت متوسط در بخش شمال شرقی منطقه دیده می شود. مناطق با وضعیت خشکسالی شدید که بیشترین مساحت منطقه را پوشش داده است دیگر مناطق شهرستان را پوشش داده است. طبقه‌بندی شاخص درصد نرمال (شکل ۴) نشان می‌دهد که مناطق با وضعیت نرمال بارندگی بیشترین مساحت را در بخش جنوبی منطقه و به صورت لکه کوچکی در شرق و قسمتی از شمال شهرستان را پوشش می‌دهد. مناطق با وضعیت خشکسالی متوسط بیشترین مساحت را در منطقه پوشش داده این کلاس در بخش‌های مرکزی، غرب و شمال غرب و شرق به صورت پهنه وسیعی گسترده شده است. کلاس با وضعیت خشکسالی شدید نیز بخشی از شمال و شمال شرق منطقه به خود اختصاص داده است. شاخص خشکسالی پالمر (شکل۵) در ۱۲ گروه یا وضعیت محاسبه گردیده که مقادیر اختصاص یافته به کلاس‌ها از ۰/۳۷- تا ۴/۶۹- بوده است. با توجه به شکل شماره (۵) می‌توان گفت، مناطق با وضعیت تقریبا نرمال در بخش وسیعی در جنوبی منطقه و به صورت لکه کوچکی در شرق و قسمتی از شمال شهرستان به چشم می‌خورد. مناطق با وضعیت خشکسالی ضعیف بیشترین مساحت را در منطقه پوشش داده این کلاس در بخش‌های مرکزی، غرب، شمال، شمال غرب و شرق به صورت پهنه وسیعی پوشش داده است. کلاس با وضعیت خیلی خشک بخش چشمگیری را در بخش شمال شرقی منطقه به خود اختصاص داده است. شکل (۸) پراکنش مکانی کلاس‌های به دست آمده براساس شاخص خشکسالی احیایی را در محدوده شهرستان سراوان نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۸) می‌توان گفت، مناطق با وضعیت خشک در بخش شمال، شمال شرق، غرب و جنوب غرب را پوشش داده و به شکل نواری از بخش شمال شرقی تا مرکز منطقه مورد مطالعه کشیده شده است. مناطق با وضعیت تقریبا خشک بخش‌هایی از منطقه را در بخش‌های جنوب، جنوب شرقی و غربی، بخش مرکزی و قسمت‌هایی از شمال و شرق را پوشش داده است. شاخص RAI در ۵ گروه یا وضعیت محاسبه گردیده که آستانه نسبت داده شده به کلاس خشکسالی متوسط بین ۱/۳۴- تا ۱/۲۱-، خشکسالی شدید بین ۳/۰۱- تا ۲/۵۷- بوده است. شکل (۹) پراکنش مکانی شاخص ناهنجاری‌های بارندگی را در محدوده شهرستان سراوان نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۷) پراکنش مکانی شاخص بارش موثر را در محدوده شهرستان سراوان نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۷) می‌توان گفت، مناطق با وضعیت تقریبا نرمال در بخش وسیعی در جنوبی منطقه و به‌صورت لکه کوچکی در شرق و قسمتی از شمال شهرستان به چشم می‌خورد. مناطق با وضعیت خشک بیشترین مساحت را در منطقه پوشش داده این کلاس در بخش‌های مرکزی، غرب، شمال، شمال غرب و شرق به صورت پهنه وسیعی پوشش داده است. کلاس با وضعیت خیلی خشک بخش چشمگیری را در بخش شمال شرقی منطقه به خود اختصاص داده است. شکل (۸) پراکنش مکانی کلاس‌های به دست آمده براساس شاخص خشکسالی احیایی را در محدوده شهرستان سراوان نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۸) می‌توان گفت، مناطق با وضعیت خشک در بخش شمال، شمال شرق، غرب و جنوب غرب را پوشش داده و به شکل نواری از بخش شمال شرقی تا مرکز منطقه مورد مطالعه کشیده شده است. مناطق با وضعیت تقریبا خشک بخش‌هایی از منطقه را در بخش‌های جنوب، جنوب شرقی و غربی، بخش مرکزی و قسمت‌هایی از شمال و شرق را پوشش داده است. شاخص RAI در ۵ گروه یا وضعیت محاسبه گردیده که آستانه نسبت داده شده به کلاس خشکسالی متوسط بین ۱/۳۴- تا ۱/۲۱-، خشکسالی شدید بین ۳/۰۱- تا ۲/۵۷- بوده است. شکل (۹) پراکنش مکانی شاخص ناهنجاری‌های بارندگی را در محدوده شهرستان سراوان نشان می-

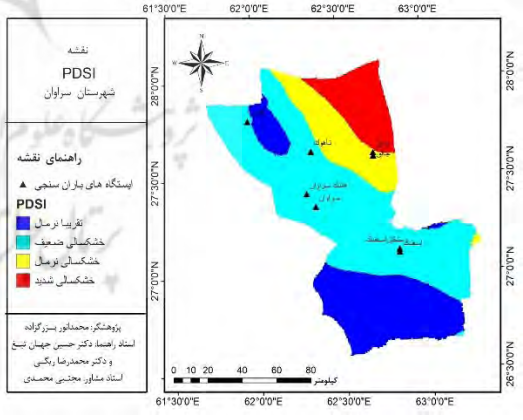
دهد. با توجه به شکل (۹) می‌توان گفت، مناطق با وضعیت خشکسالی متوسط در بخش وسیعی در جنوبی منطقه و به صورت لکه کوچکی در شرق و قسمتی از شمال شهرستان به چشم می‌خورد. مناطق با وضعیت خشکسالی شدید بیشترین مساحت را در منطقه پوشش داده این کلاس در بخش‌های مرکزی، غرب، شرق، شمال، شمال غرب و شرق به صورت پهنه وسیعی پوشش داده است. شاخص EDI در ۶ گروه یا وضعیت خشکسالی محاسبه گردیده که مقادیر اختصاص یافته به کلاس‌ها از ۰/۳۴- تا ۲/۵۹- بوده است. شکل (۱۰) پراکنش مکانی شاخص خشکسالی موثر را در محدوده شهرستان سراوان نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۱۰) می‌توان گفت، مناطق با خشکسالی شدید در گوشه شمال شرقی منطقه به چشم می‌خورد. مناطق با خشکسالی متوسط در راستای مناطق با خشکسالی شدید به شکل نواری کشیده شده است. مناطق با خشکسالی ملایم در راستای مناطق با خشکسالی متوسط به شکل نواری کشیده شده، علاوه بر آن یک بخش کوچکی را در قسمت شرقی منطقه پوشش داده است.



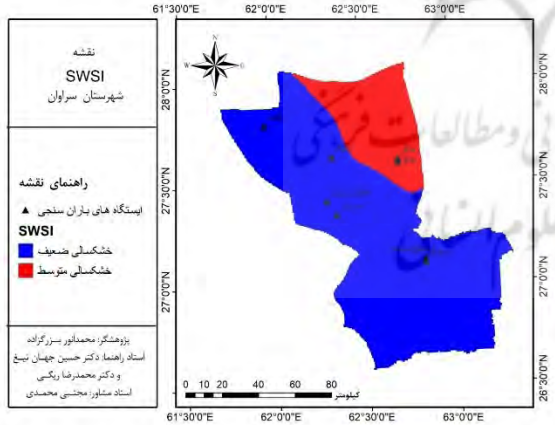
شکل ۳: شاخص DPI



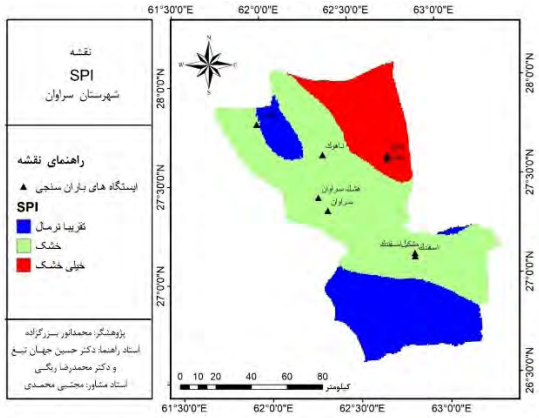
شکل ۴- نقشه خشکسالی PNPI



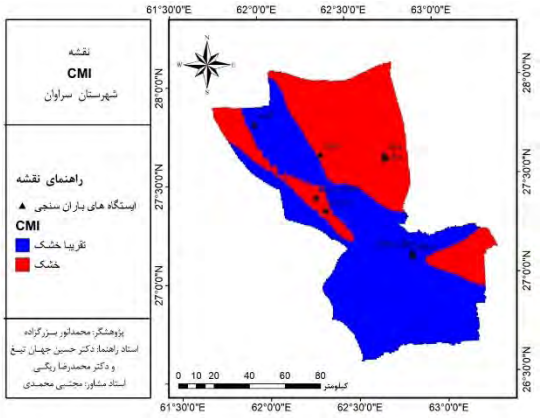
شکل ۵: نقشه خشکسالی PDSI



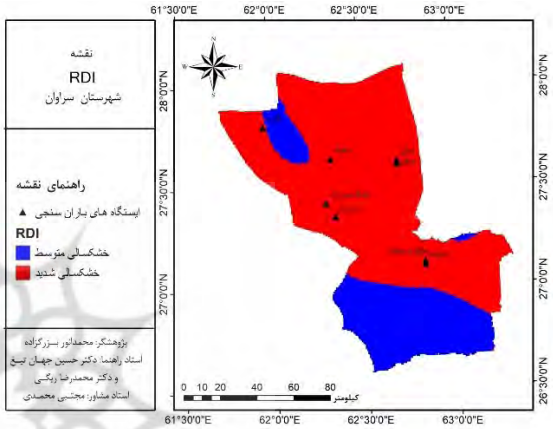
شکل ۶: شاخص خشکسالی SWSI



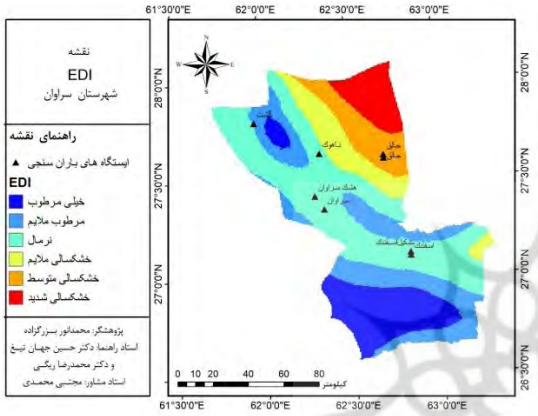
شکل ۷: شاخص خشکسالی SPI



شکل ۸: نقشه شاخص CMI



شکل ۹: نقشه شاخص خشکسالی RDI



شکل ۱۰: شاخص خشکسالی EDI

میانگین کلی هر یک از شاخص‌ها: پس از محاسبه تمامی شاخص‌ها میانگین کلی هر یک از شاخص‌ها محاسبه می‌گردد. پس از این مرحله می‌توان نتیجه گرفت که هر یک از شاخص‌ها در چه مرزی قرار دارند. از این طریق می‌توان پایداری و ناپایداری هر شاخص را بدست آورد و به این نتیجه رسید که در شهرستان سراوان چه شاخص‌هایی در مرز پایداری و چه شاخص‌هایی در مرز ناپایداری قرار می‌گیرند. پس از محاسبه میانگین هر یک از شاخص‌های مورد استفاده در پژوهش، به رتبه‌بندی هر یک از این شاخص‌ها پرداخته شده است (جدول ۸). نتایج نشان دهنده این موضوع است که تقریبا تمامی شاخص‌ها در شرایط ناپایداری به سر می‌برند. میزان پایین میانگین هر یک از شاخص‌ها نشان دهنده این موضوع است که شهر سراوان واقع در استان سیستان و بلوچستان جزو شهرهای بسیار خشک این استان و همچنین در سطح ایران به حساب می‌آید. عوامل موثر بر این نتیجه شامل بارش، دما، آب سطحی، رودخانه، پوشش گیاهی و ... بوده است. تمامی این موارد از طریق شاخص‌ها و فرمول‌هایی که به هر یک اختصاص داده شده است محاسبه و لحاظ گردیده است.

جدول ۸: میانگین کلی هر یک از شاخص‌ها

نام شاخص	نوع خشکسالی	داده مورد نیاز	مقیاس	میانگین
شاخص دهک‌ها	هواشناسی	بارش	ماهانه-سالانه	۲/۳۶
شاخص درصد نرمال بارش	هواشناسی	بارش	ماهانه-سالانه	۲/۷۹
شاخص شدت خشکسالی پالمر	کشاورزی	بارش-دما-محتوی آب قابل دسترس	ماهانه-سالانه	۱/۲۸
شاخص ذخیره آب سطحی	هیدرولوژیکی	برف-بارش-جریان رودخانه و ذخیره مخازن	فصلی	۰/۰۹
شاخص بارندگی استاندارد	هواشناسی-کشاورزی-هیدرولوژیکی	بارش	ماهانه-فصلی-سالانه	۱/۱۷
شاخص ناهنجاری بارندگی	هواشناسی	بارش	ماهانه-سالانه	۲/۷۶
شاخص رطوبت زراعی	کشاورزی	دما و بارش	فصلی	۱/۵۹
شاخص خشکسالی احیایی	هیدرولوژیکی	سطح اب رودخانه-برف-جریانات سطحی-ذخایر آب و دما	ماهانه-سالانه	۰/۹۱
شاخص خشکسالی موثر	هیدرولوژیکی	بارش	روزانه	۱/۱۵

نتیجه‌گیری

با توجه به شاخص‌ها و میزان پایین میانگین هر یک از شاخص‌ها نشان دهنده این موضوع است که شهر سراوان واقع دراستان سیستان و بلوچستان جزو شهرهای بسیارخشک این استان همچنین ایران به حساب می‌آید. عوامل موثر بر این نتیجه شامل بارش، دما، آب سطحی، رودخانه، پوشش گیاهی و ... می‌باشد. تمامی این موارد از طریق شاخص‌ها و فرمول‌هایی که به هر یک اختصاص داده شده است محاسبه و لحاظ گردیده است. اصولا دو رویکرد اساسی در ارتباط با مشکلات بحران‌های خشکسالی مطرح م باشد. در کشورهای جهان سوم معمولا پس از وقوع حادثه به فکر چاره جویی و رفع مشکل می‌افتند. در پژوهش حاضر نیز با توجه به مباحث فوق و امار و ارقام به دست آمده و ارائه شده در فصل چهارم، می‌توان این نتیجه را گرفت که شهر سراوان از نظر بارش، دما، آب در شرایط خشکسالی متوسط قرار دارند. این شیوه به دلیل اینکه از قبل برنامه‌ریزی برای آن وجود نداشته بسیار هزینه بر نیز می‌باشد. شهر سراوان همچنین استان سیستان و بلوچستان نیز از این قائده مستثنی نبوده است.

تمامی ابعاد خشکسالی در محیط زیست و طبیعی شهر سراوان محسوس می‌باشد. یکی از اصلی‌ترین موارد آن از بین رفتن سرمایه چندین ساله کشاورزان و روستاییان، همچنین مهاجرت آنها به شهرهای اصلی و تغییر شغل و به تبع آن مشکلات دیگر می‌باشد. این مورد باعث تغییر کاربری‌ها، افزایش ساخت و سازهای بی‌رویه در زمین‌های کشاورزی و ورود افراد غیر بومی به منطقه شده است. مورد دیگر از تاثیرات خشکسالی بر ناپایداری محیط زیست، برهم زدن فضا و منظر محیط طبیعی و زیست محیطی می‌باشد. درست است که شهر سراوان از شهرهای خشک ایران بوده است اما با مقایسه تصاویر اکنون با ۵۰ سال قبل می‌توان به این نتیجه رسید که در سالیان اخیر به علت افزایش میزان خشکسالی همچنین مدیریت ناکارآمد و عدم برنامه-ریزی مناسب، به میزان و حجم آن افزوده شده و این افزایش در منظر طبیعی شهر نیز بسیار تاثیرگزار بوده است.

افزایش خشکسالی باعث افزایش روند فرسایش خاک شده و این عامل در درازمدت باعث مواردی چون رانش، کاهش کیفیت و حاصلخیزی سطح خاک، عدم کنترل سیلاب و بالایای جبران ناپذیر آن خواهدشد. این شهرستان در معرض بادهای موسمی از جانب شرق نیز قرار دارد. همچنین افزایش بیابان زایی

و زمین‌های فاقد کشت وجود ذرات خاک و گرد و غبار در این منطقه باعث به وجود آمدن طوفان‌های گرد و غبار شده که برای ساکنین آن منطقه بسیار خطرناک می باشد. همچنین به همین علت در بعضی فصول، کودکان در تنفس با مشکل مواجه می شوند. با توجه به مجموعه عوامل فوق، می توان نتیجه گرفت که مدیریت ریسک باید در قدم جلوتر ازمدیریت بحران قرار گیرد. در شهری مانند شهر سراوان که از ابتدا خشکسالی در آن حاکم بوده و درشرایط فعلی به وضعیت شدیدتری هم رسیده است، مدیریت ریسک به خوبی می تواند در مدیریت خشکسالی آن و کاهش اثرات آن موثر واقع شود.

منابع

۱. اکبریان، سعید رضا.، رمضان زاده لسبویی، مهدی. (۱۳۹۸). تحلیل تاب‌آوری کشاورزان در برابر خشکسالی با تأکید بر عوامل اقتصادی و سرمایه اجتماعی در نواحی روستایی (موردمطالعه: دهستان رونیز، شهرستان استهبان). پژوهش‌های روستائی، ۱۰ (۲): ۲۳۰ تا ۲۴۳.

۲. بدیع برزین، حسین.، جهانتیغ، حسین.، پرهیزکاری، ابوذر.، غفاری مقدم، زهرا. (۱۳۹۸). تخصیص بهینه آب و اراضی تحت شرایط عدم حتمیت با استفاده از مدل WFGP (مطالعه موردی: شهرستان همدان). علوم و مهندسی آبیاری، ۴۲ (۲): ۱۶۷ تا ۱۸۰.

۳. بهرامی، رحمت اله، سپری، فرید. (۱۴۰۰). بررسی اثرات اقتصادی- اجتماعی و زیست‌محیطی خشکسالی بر مناطق روستایی استان کردستان. روستا و توسعه، ۲۴ (۱): ۱۷۳ تا ۱۹۴.

۴. پورطاهری، مهدی.، رکن‌الدین‌افتخاری، عبدالرضا.، کاضمی، نسرین. (۱۳۹۲). نقش رویکرد مدیریت ریسک خشکسالی در کاهش آسیب‌پذیری اقتصادی- اجتماعی کشاورزان روستایی از دیدگاه مسئولان و کارشناسان (مطالعه موردی: دهستان سولدوز، آذربایجان‌غربی). پژوهش‌های روستایی تهران، ۱۴(۱): ۱ تا ۲۲.

۵. رحیمی، داریوش.، موحدی، سعید.، برقی، حمید. (۱۳۸۸). بررسی شدت خشکسالی با شاخص نرمال بارش مطالعه موردی استان سیستان و بلوچستان. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳۶: ۴۳ تا ۵۶.

۶. تقی‌زاده انصاری، مصطفی. (۱۳۷۴). حقوق محیط زیست در ایران. انتشارات سمت، تهران.

۷. حجازی‌زاده، زهرا.، جوی‌زاده، سعید. (۱۳۹۸). تحلیل آمار فضایی خشکسالی در ایران. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۱۹ (۵۳): ۲۵۱ تا ۲۷۷.

۸. صادقلو، طاهره.، سجاسی‌قیداری، حمدالله. (۱۳۹۳). اولویت‌بندی عوامل موثر بر تاب‌آوری کشاورزان در برابر مخاطرات طبیعی با تاکید بر خشکسالی (مطالعه موردی: کشاورزان روستاهای شهرستان ایجرود). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۳ (۱۰): ۱۲۹ تا ۱۵۳.

۹. طولابی‌نژاد، مهرشاد.، بذرافشان، جواد.، قنبری، سیروس. (۱۳۹۷). بررسی وضعیت پایداری روستاهای شهرستان پلدختر بر اساس نگرش‌های زیست محیطی. جغرافیاوتوسعه ناحیه ای، ۱۶ (۲): ۲۱۳ تا ۲۴۱.

10. Campbell, D., Barker, D., and McGregor, D. (2011). Dealing with drought: Small farmers and environmental hazards in southern St. Elizabeth, Jamaica. Applied Geography, 31(1): 146-158.

11. Toro, G. R., Resio, D. T., Divoky, D., Niedoroda, A. W., & Reed, C. (2010). Efficient joint-probability methods for hurricane surge frequency analysis. Ocean Engineering, 37(1), 125-134.

12. Castro, B. (2019), The shifting limits of drought adaptation in rural Colombia. Current Directions in Water Scarcity Research, 2: 77-86.

13. Cutter, S. L., Ash, K. D., and Christopher T. E. (2016). Urban–Rural Differences in Disaster Resilience. Annals of the American Association of Geographers, 106(6): 1236-125.

14. Garrick, D. (2018). Decentralisation and drought adaptation: applying the subsidiarity principle in transboundary river basins. International Journal of the Commons, 12(1): 301-331.

15. Katungi, E., Sperling, L., Karanj, D., Farrow, A., and Beebe, S. (2012). Relative importance of common bean attributes and variety demand in the drought areas of Kenya. Journal of Development and Agricultural Economics, 3 (8): 411- 422.

16. Liu, D., Li, Y., Fang, S., and Zhang, Y. (2017). Influencing factors for emergency evacuation capability of rural households to flood hazards in western mountainous regions of Henan province, China. International Journal of Disaster Risk Reduction, 21: pp 187- 195.

17. Wang, W., Zhao, X., Cao, J., Li, H., and Zhang, Q. (2020). Barriers and requirements to climate change adaptation of mountainous rural communities in developing countries: The case of the eastern Qinghai-Tibetan Plateau of China. Land Use Policy, 95: 1- 18.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی