"مقاله پژوهشی"

بررسی آسیب‌پذیری ناشی از خشکسالی کشاورزی با استفاده از سیستم تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: شهرستان اردکان)

سیدعلی پورهاشمی مجومرد[۱]، علی فتح‌زاده[۲]، مهدی حیات‌زاده[۳]، محمدرضا فاضل‌پور[۴] و فرزانه فتوحی[۵]

۱- کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، (نویسنده مسوول: fat@ardakan.ac.ir)
۳- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان
۴- دکتری آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری یزد
۵- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۲۳
صفحه: ۷۸ تا ۸۷

چکیده

بروز خشکسالی‌های شدید، گسترده و پی در پی در شهرستان اردکان، به خصوص در سال‌های اخیر، بر مشکلات معیشتی کشاورزان و روستائیان افزوده است و آسیب‌های جبران ناپذیری بر اقتصاد کشاورزی شهرستان تحمیل نموده است. لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی آسیب‌پذیری یا پهنه‌بندی خطر خشکسالی در شهرستان اردکان انجام گردید. در این پژوهش ابتدا لایه‌های ایجاد شده از لحاظ اهمیت در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، وزن‌دهی و به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های حاصل تهیه شد. در نهایت نقشه‌ها در محیط (GIS) روی هم‌گذاری و تلفیق شد و عرصه‌های منطقه مورد بررسی به پنج کلاس آسیب پذیری خشکسالی کشاورزی (خیلی شدید، شدید، متوسط، کم، خیلی کم) طبقه‌بندی شد. نتایج نشان داد که اراضی باغی با مساحت ۱۴۸۵/۶۳ هکتار در کلاس خشکسالی زیاد قرار گرفته است. بیشترین مساحت اراضی کشاورزی به مساحت ۴۵۵۸/۵۹ هکتار نیز در کلاس خشکسالی زیاد قرار گرفتند. بیشترین آسیب پذیری خشکسالی کشاورزی مربوط به بخش مرکزی اردکان و قسمت‌هایی از بخش خرانق می‌باشد. به طوریکه شهر اردکان، شهر احمد آباد و روستای ترک آباد از بخش مرکزی در کلاس آسیب‌پذیری کشاورزی زیاد قرار گرفته‌اند. همچنین روستای چاه افضل در کلاس آسیب‌پذیری کشاورزی خیلی زیاد قرار دارد. روستاهای بخش عقدا در دسته کم و خیلی کم قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج حاکی از اهمیت وضعیت توپوگرافی منطقه بویژه پارامتر شیب در میزان تاثیرپذیری از خشکسالی را دارد به طوریکه بیشترین سطح (۲۹/۶۲ کیلومتر مربع) تحت کلاس آسیب‌پذیری زیاد اراضی باغی و کشاورزی واقع در شیب کمتر از ۱ درصد به خود اختصاص داده اند. همچنین مساحت واقع در شیب‌های ۱ تا ۲ و ۲ تا ۵ درصد در رتبه‌های بعدی (۱۳/۶۸ و۲/۱۷ کیلومتر مربع) در کلاس خشکسالی زیاد قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: توپوگرافی، زراعت، زمین‌شناسی، وزن‌دهی، GIS

مقدمه

پدیده خشکسالی به‌طور کلی بر تمامی فعالیت‌های بشری از جمله امور اقتصادی، کشاورزی، منابع‌طبیعی، صنعتی، اجتماعی، مهاجرت، امور خدماتی، نابهنجاری‌های فرهنگی، توریسم تأثیر می‌گذارد. در دهه‌های اخیر در بین حوادث طبیعی که جمعیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار داده‌اند، فراوانی پدیده خشکسالی از نظر درجه شدت، طول مدت، مجموع فضای تحت پوشش، تلفات جانی، خسارات اقتصادی و اثرات اجتماعی درازمدت بر جامعه، بیشتر از سایر بلایای طبیعی بوده است (۱۴). بر اساس ارزیابی سازمان ملل، خشکسالی جان قریب به ۱۱ میلیون نفر را در کشورهای کنیا، اتیوپی، اریتره، سومالی و جیبوتی تهدید می‌کند (۱۱). خشکسالی یک پدیده پیچیده است که بیشترین میزان مرگ و میر را در قرن گذشته نسبت به دیگر بلایای طبیعی موجب شده است. در این میان، آسیا و آفریقا مقام نخست را در میزان تاثیرپذیری از خشکسالی داشته‌اند. کشور ایران به‌دلیل قرار گرفتن بر روی کمربند خشکی جهان و بارندگی معادل یک سوم متوسط جهانی، کشوری خشک است و از نظر منابع آب در وضعیتی نامطلوب‌تر نسبت به متوسط جهان است و به این دلیل، خشکی جزء صفات ذاتی آن محسوب می‌شود. خشکسالی همواره نقش مهم و موثری در حوزه امنیت غذایی و معیشت روستاییان ایفا کرده است، به گونه ای که نزدیک به دو میلیارد نفر مردم ساکن در مناطق خشک و نیمه خشک جهان؛ یعنی جمعیتی در حدود ۴۱ درصد از سطح زمین را تحت الشعاع خود قرار داده است (۸). این مسأله در کنار سایر بلایای طبیعی، شرایط پیچیده‌ای را برای کشور ایجاد نموده و آن را با چالش‌های جدی مواجه کرده است. نتایج مطالعه و بررسی بلندمدت بارندگی و درجه حرارت نشان می‌دهد که در مجموع، ۶۵ درصد از اراضی کشور در گستره‌ی اقلیم‌های خشک و فراخشک قرار دارند (۳). در مناطق مختلف ایران، خشکسالی‌های شدید اتفاق افتاده به طوری که نمودار بارندگی ۳۲ ساله در ایران نمایانگر آن است که کشورمان در خلال این دوره، با شش بار خشکسالی مواجه بوده و علاوه بر این، ۱۷ بار نیز میزان بارندگی از حد متوسط کمتر بوده است و پنج بار نیز تا آستانه خشکسالی پیش رفته است (۹). بروز خشکسالی‌های شدید، گسترده و پی در پی در استان یزد، به خصوص در سال‌های اخیر، بر مشکلات معیشتی کشاورزان و روستائیان افزوده است و آسیب‌های جبران ناپذیری بر اقتصاد این استان تحمیل کرده است. نتایج حاصل از بررسی خشکسالی اقلیمی در دشت یزد-اردکان، در دوره آماری

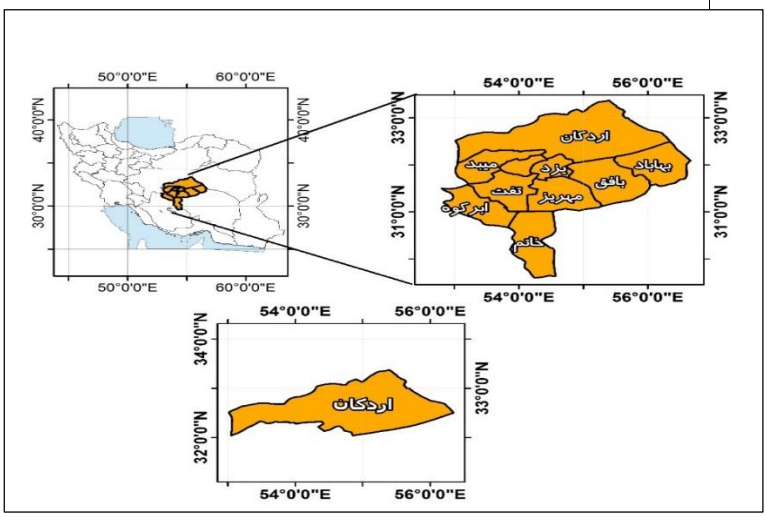
[Downloaded from dnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]

(۸۹-۱۳۵۹) حاکی از آن است که در ۳۰ سال اخیر شدیدترین رخداد خشکسالی مربوط به دهه اخیر می‌باشد. همچنین، بیشترین فراوانی وقوع خشکسالی‌های شدید ۳۰ ساله اخیر مربوط به دوره آماری (۸۹-۱۳۷۵) می‌باشد، به عبارت دیگر فراوانی رخداد خشکسالی‌های شدید در ۱۵ سال منتهی به سال ۱۳۸۹ رشد فزاینده‌ای یافته است (۲). در این میان، آمادگی و ارائه تصمیم‌گیری مناسب پیش از وقوع خشکسالی، می‌تواند باعث کاهش خسارات این پدیده گشته و زیان‌های وارده را به حداقل برساند. روش‌های مختلفی برای بررسی اثرات خشکسالی و پایش آن وجود دارد که در تحقیقات مختلف استفاده شده است. فاتحی و همکاران (۴) به منظور بررسی خشکسالی هواشناسی و کشاورزی و هیدرولوژی در استان خوزستان از شاخص‌های SPI و SDI و NDVI به صورت لایه‌های اطلاعاتی در GIS استفاده کردند. بدین منظور از تصاویر ماهواره‌ای NOAA-AVHRR (از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۰) و MODIS (۲۰۰۱ تا ۲۰۰۹) به کار گرفته شد. نتایج پژوهش نشان داد انواع خشکسالی از نظر زمانی و مکانی با هم تطابق ندارند. همچنین به دلیل ماهیت توزیع مکانی خشکسالی در مناطق وسیع، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دقت زمانی و مکانی مناسب ارزیابی بهتری از وقوع خشکسالی حاصل می گردد. زارع خورمیزی و همکاران (۱۵) ارتباط خشکسالی و تغییرات پوشش گیاهی را در مراتع جنوب استان یزد با استفاده از سنجش از دور بررسی نمودند. از تصاویر سری زمانی NDVI سنجنده MODIS طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ برای محاسبه میانگین NDVI فصلی و سالانه استفاده گردید. نتایج آنها نشان داد تاثیر خشکسالی بر تیپ های مختلف گیاهی بسته به شرایط اکولوژیک منطقه، نوع گونه گیاهی، فرم رویشی و سایر گونه‌های همراه در تیپ‌های گیاهی متفاوت می‌باشد. فانک و بود (۵) با استفاده از شاخص NDVI و تصاویر ماهواره MODIS خشکسالی کشاورزی را بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که این شاخص برای بررسی دقیق خشکسالی مناسب است. ماجا و همکاران (۷) نقشه‌ی مربوط به آسیب‌پذیری خشکسالی در سیستم‌های کشاورزی کشور اسلوونی را تهیه نمودند. در این پژوهش عوامل موثر در آسیب‌پذیری خشکسالی را به سه دسته اصلی تقسیم‌بندی نمودند که عبارتند از: ۱- فاکتورهای فیزیکی (تابش نور خورشید، ظرفیت نگهداری آب، خاک و شیب) ۲- فاکتور فنی (آبیاری) ۳- فاکتور اقتصادی- اجتماعی (کاربری اراضی)، در این پژوهش تمامی عملیات در محیط نرم‌افزاری ARC GIS صورت گرفت، به گونه ای که ابتدا، هر یک از فاکتورهای یاد شده به صورت لایهGIS، تهیه شد و پس از اعمال وزن‌دهی به لایه‌های مختلف و تلفیق نمودن آنها با یکدیگر، در نهایت نقشه آسیب‌پذیری که نشان‌دهنده میزان آسیب‌پذیری هر منطقه نسبت به خشکسالی می‌باشد تهیه شد. تحقیق حاضر با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش تصمیم‌گیری چند معیاره به بررسی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی شهرستان اردکان می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهرستان اردکان در استان یزد در مرکز ایران با مساحت شهرستان ۲۳۶۶۲ کیلومتر مربع قرار دارد. جمعیت این شهرستان در سال ۱۳۹۵ برابر با ۹۷۹۶۰ نفر بوده است. شهرستان اردکان در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۰۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه تا ۳۳ درجه و ۲۳ دقیقه شمالی واقع شده است (شکل ۱). از نظر توپوگرافی، بخش عمده شهرستان با خط تراز تقریبی ۱۵۰۰ متر محدود می‌شود. تنها حدود ۵٪ مساحت شهرستان کوهستانی بوده و ارتفاع متوسط شهرستان از سطح دریا ۱۲۳۴ متر است (۱۰).



شکل ۱- موقعیت شهرستان اردکان
Figure 1. Location of Ardakan city

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]

روش تحقیق

در این پژوهش ابتدا عامل‌های تاثیرگذار که در آسیب‌پذیری خشکسالی منطقه مطالعاتی مؤثرند، تبدیل به لایه‌های اطلاعاتی شده و در مرحله بعد کلاس‌بندی‌های مربوطه صورت گرفت. سپس لایه های ایجاد شده از لحاظ اهمیت در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، وزن‌دهی و به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] (GIS) نقشه‌های حاصل از وزن‌دهی به واحدهای هر لایه اطلاعاتی در مدل (AHP) تهیه شد. در نهایت نقشه‌های یادشده در محیط (GIS) روی هم‌گذاری و تلفیق شده و در پایان، عرصه‌های منطقه مورد بررسی به پنج کلاس آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی (خیلی شدید، شدید، متوسط، کم، خیلی کم) به صورت نقشه نهایی آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی شهرستان اردکان طبقه‌بندی شد. در این پژوهش به موازات روش‌های پژوهشی یاد شده از مطالعات میدانی محدوده مطالعاتی نیز به منظور کنترل و پایش نقشه‌های خروجی کمک گرفته شد.

شیب

یکی از اساسی‌ترین فاکتورهای تاثرگذار بر جریان‌های سطحی عامل شیب می‌باشد. در مورد شیب باید به این مطلب توجه داشت که هرچه زاویه شیب بیشتر باشد، مقدار بیشتری از بارش به رواناب تبدیل می‌شود.

در پژوهش حاضر مقادیر شیب از مدل رقومی ارتفاع (DEM) در سامانه اطلاعات جغرافیایی بدست آمد و نقشه درصد شیب هر منطقه تهیه شد. همچنین با توجه به منابع خارجی موجود (۱) و نظرات کارشناسان خبره داخلی در این زمینه، کلاس‌های آسیب‌پذیری مربوط به هر یک از طبقات شیب مشخص شد. کلاس‌های آسیب‌پذیری طبقات شیب با توجه به قرار گرفتن عمده اراضی زراعی و باغی در دشت‌ها و مناطق با شیب زیر ۳۰ درصد و با بررسی نقشه کاربری اراضی، طبقات شیب منطقه مورد مطالعه به کلاس‌های جدول (۱) برای نتیجه‌گیری بهتر تقسیم گردید.

جدول ۱- کلاس آسیب‌پذیری طبقات شیب

Table 1. Vulnerability class of slope class

	شیب (درصد)	کلاس آسیب‌پذیری
لایه شیب	<۱	۱
	۱-۲	۲
	۲-۵	۴
	۵-۱۰	۶
	۱۰-۳۰	۸
	>۳۰	۱۰

جهت شیب

با توجه به اینکه جهت‌های مختلف شیب می‌توانند دریافت متفاوتی از تابش نور خورشید را داشته باشند و این عامل می‌تواند در میزان دما، رطوبت و تبخیر و تعرق تأثیر زیادی داشته باشد، لذا در پژوهش حاضر از فاکتور جهت شیب به عنوان یکی از پارامترهای تأثیرگذار در آسیب‌پذیری خشکسالی استفاده شده است. جهات مختلف شیب نیز از مدل رقومی ارتفاع بدست آمد و نقشه جهت شیب برای منطقه مطالعاتی تهیه شد. با توجه به اینکه دامنه‌های شمالی کمترین میزان دریافت تابش خورشید را دارا می‌باشند و بر عکس آن دامنه‌های جنوبی بیشترین میزان دریافت تابش خورشید را دارند، لذا کلاس‌های آسیب‌پذیری مربوط به هر یک ازطبقات جهت شیب در محدوده مورد مطالعه مشخص و در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول ۲- کلاس آسیب‌پذیری جهت شیب

Table 2. Vulnerability class of aspect class

	جهت شیب	کلاس آسیب‌پذیری
جهت شیب	شمال	۱
	شمال غرب-شمال شرق	۳
	غرب- شرق	۵
	جنوب شرق- جنوب غرب	۸
	جنوب	۱۰

بارش و تبخیر

به منظور بررسی نقش بارش و تبخیر در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی نقشه بارش و تبخیر منطقه به روش آنالیز منطقه‌ای بارش (بارش- ارتفاع) تهیه گردید.

سازندهای زمین‌شناسی

به‌منظور در نظر گرفتن نقش سازندهای زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه، در نگهداری، جذب و انتقال آب و نقش آن در آبدهی قنوات و چاه‌ها و ظرفیت نگهداری آب در خاک، از نقشه سازندهای زمین‌شناسی که مربوط به سازمان زمین شناسی ایران می‌باشد، در این پژوهش استفاده شد. مبنای امتیازدهی به سازندها فقط قدرت نگه داشت آب به وسیله سازندهای زمین‌شناسی مختلف می‌باشد و رنج امتیازدهی بین ۱ تا ۱۰ می‌باشد به طوری که آسیب‌پذیرترین سازند (سازندی که کمترین نگه داشت آب را دارد) عدد ۱۰ و سازندی که کمترین آسیب‌پذیری (سازندی که بیشترین نگه داشت آب را دارد) را دارد عدد یک می‌باشد.

1- Geographic Information System

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]

عمق چاه‌ها

با توجه به اینکه چاه‌های شهرستان اردکان به‌عنوان یکی از مهمترین منابع آبی بخش کشاورزی به شمار می‌رود، لذا بررسی نقش چاه‌ها و تأثیر تغییرات سطح ایستابی در خشکسالی‌ها نسبت به ترسالی‌ها، در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی در شهرستان اردکان حائز اهمیت می‌باشد. بدین منظور نقشه چاه‌ها و نقشه آسیب‌پذیری چاه‌ها از نظر افت سطح ایستابی تهیه شد.

بافت خاک

با توجه به اهمیت بافت خاک این پارامتر با استفاده از نقشه قابلیت اراضی شهرستان اردکان که بوسیله مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شده است، حاصل شد. با توجه به ویژگی‌های موجود در نقشه قابلیت اراضی برای واحدهای مختلف (نظیر: تیپ اراضی، مشخصات واحد اراضی، مشخصات خاک‌ها و تقسیم‌بندی آنها به روش فائو، گیاهان طبیعی و استفاده از اراضی در حال حاضر) نقشه بافت خاک بر اساس میزان نفوذپذیری خاک در مناطق مختلف تهیه گردید، به‌طوری که محدوده‌هایی که دارای کمترین میزان نفوذپذیری خاک هستند، دارای بیشترین میزان آسیب‌پذیری می‌باشد.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی[1] (AHP)

تصمیم‌سازی یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های انسانی است و هر فرد در طول شبانه روز تصمیم‌های فراوانی اتخاذ می‌کند. برخی از این تصمیم‌ها اهمیت چندانی نداشته و برخی دیگر از اهمیت بالایی برخوردار هستند. هرچه مسئولیت و اختیارات انسان بیشتر باشد تصمیم گیری اهمیت بیشتری خواهد داشت. اجرای فرایند تحلیل سلسله مراتبی سه مرحله زیر را در بر می‌گیرد: ساختن سلسله مراتبی، محاسبه وزن، سازگاری سیستم.

هدف از انجام تحلیل سلسله مراتبی در این پژوهش، تعیین وزن هر یک از پارامترهای موثر در آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آنها محاسبه می‌شود. که این وزن‌ها وزن نسبی نامیده می‌شود. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌شود که آن وزن مطلق نامیده می‌شود (۷). ابتدا گزینه‌ها از نظر معیارهای مختلف به طور جداگانه مقایسه شده و وزن هر کدام نسبت به این معیارها مشخص می‌شود. سپس وزن معیارها نیز نسبت به هدف تعیین شده و با ترکیب آنها وزن نهایی گزینه‌ها مشخص می‌شود. کلیه مقایسه‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد به طور مثال اگر گزینه‌ها از نظر معیار (۱) مقایسه شود ابتدا گزینه A را با B از این نظر مقایسه کرده و سپس این مقایسه در مورد A با C و B با C نیز انجام می‌گیرد. در این مقایسه‌ها تصمیم‌گیرندگان از قضاوت‌های شفاهی استفاده خواهند کرد، به گونه‌ای که اگر با عنصر i با عنصر j مقایسه شود تصمیم‌گیرنده خواهد گفت که اهمیت i بر j یکی از حالات جدول (۳) است. این قضاوت‌ها به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده‌اند، که در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر کمی قضاوت‌های مدلAHP (مقیاسی برای انجام مقایسه‌های زوجی)
Table 3. Quantitative values of AHP model judgments (a scale for performing pairwise comparisons)

ارزش(مقدارعددی)	وضعیت مقایسه i نسبت به j		توضیحات
۹	کاملا مرجح (کاملا مهمتر)	Extremely Preferred	گزینه i از j مطلقاً مهمتر و قابل مقایسه با j نیست
۷	ترجیح (اهمیت) خیلی قوی	Very strongly Preferred	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است
۵	ترجیح (اهمیت) قوی	Strongly Preferred	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهمتر است
۳	کمی مرجع (کمی مهمتر)	Moderately Preferred	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است
۱	ترجیح یا اهمیت یکسان	Equally Preferred	شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد
۲و۴و۶و۸	ترجیحات بین فواصل فوق		ارزشهای بینابین را نشان می‌دهد

در روش AHP هریک از گزینه‌ها بر اساس فاکتورها و معیارها، به روش مقایسه زوجی ارزیابی و وزن‌دهی می‌شوند. مقایسه دو به دو با استفاده از مقیاسی که از ترجیح یکسان تا بی‌اندازه مرجح طراحی شده، انجام می‌گیرد. با این روش، ارزیابی فاکتورهای کیفی، با مقیاس یکسان به صورت کمی قابل مقایسه می‌شوند. در مقایسه گزینه‌ها ارجحیت عنصر قضاوت می‌شود و در مقایسه‌ی فاکتورها و معیارها، اهمیت آن‌ها قضاوت می‌شود. تجربه نشان داده است که استفاده از این مقیاس، تصمیم‌گیرنده را قادر می‌سازد تا مقایسه‌ها را به گونه‌ای مطلوب انجام دهد. در فرآیند قضاوت، بر اساس اصل اول تحلیل سلسله مراتبی، اگر ترجیح عنصر A بر عنصر B، سه باشد، ترجیح B بر A برابر یک سوم خواهد بود (۷). برای مقایسه و امتیازدهی لازم است تا پرسشنامه‌های AHP که شامل ماتریس‌های مقایسه زوجی است توسط کارشناسان تکمیل شود. در ادامه جدول (۴) ماتریس طراحی شده مربوط به پژوهش حاضر را نشان می‌دهد.

1- Analytical Hierarchy Process

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]

جدول ۴- ماتریس مقایسه زوجی پرسشنامه AHP

Table 4. Pair comparison matrix of AHP questionnaire

معیار	شیب	جهت شیب	تغییرات آبدهی قنوات	سازندهای زمین‌شناسی	بافت خاک	تبخیر	بارش
شیب	۱						
جهت شیب		۱					
تغییرات عمق چاه‌ها			۱				
سازندهای زمین‌شناسی				۱			
بافت خاک					۱		
تبخیر						۱	
بارش							۱

در پژوهش حاضر، تکمیل پرسشنامه‌های یادشده توسط کارشناسانی صورت گرفت که در این زمینه صاحب نظر و خبره بودند. تعداد افراد انتخاب شده، ۱۵ نفر بودند و در کل تعداد ۱۵ پرسشنامه تکمیل شد. در روش تصمیم‌گیری گروهی زمانی که تعداد مقایسات زیاد باشد و خستگی و پایین بودن بازدهی افراد را باعث شود یا جمع کردن همه‌ی پاسخ‌گویان در یک زمان امکان‌پذیر نباشد، باید از روش قضاوت شخصی استفاده کرد. بدین معنی که از طریق مصاحبه از تک‌تک پاسخ‌گوها، پرسشنامه‌ها تکمیل شده و سپس قضاوت‌های فردی با استفاده از میانگین هندسی به قضاوت گروهی و نهایی تبدیل می‌شود. اکزل[1] و ساعتی نشان داده‌اند که میانگین هندسی بهترین روش برای تلفیق قضاوت‌ها در فرآیند تحلیل سلسله مراتبی گروهی است (۶). نکته‌ی قابل توجه این است که برای این‌که قضاوت نهایی با قضاوت افراد مطابقت داشته باشد، لازم است تا ناسازگاری[2] ماتریس‌ها کنترل شود. در یک مثال ساده، وقتی عنصر A دو برابر B اهمیت داشته باشد و B سه برابر C، در نتیجه ترجیح A به C می‌بایست شش برابر باشد. در غیر این‌صورت، قضاوت ناسازگار است. از دیگر ویژگی‌های روش AHP، توانایی محاسبه و کنترل نرخ ناسازگاری است. مقدار قابل قبول ناسازگاری بر اساس نظر ساعتی ۰/۱ است (قدسی‌پور، ۱۳۸۵). در صورتی که از این مقدار بیشتر باشد می‌بایست مجدداً مقایسه‌ی زوجی انجام و یا نرخ ناسازگاری بهبود داده شود.

محاسبه وزن‌ها

بعد از نهایی شدن قضاوت‌ها، باید وزن نسبی[3] (وزن حاصل از هر ماتریس مقایسه زوجی) و وزن نهایی[4] (رتبه‌ی نهایی هر گزینه که عبارتست از مجموع حاصلضرب اهمیت معیارها در وزن گزینه‌ها)، محاسبه شود. برای این منظور روش‌ها و دستورالعمل‌های مختلفی وجود دارد که با توجه به این‌که در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice Ver.11، کلیه مراحل انجام شده‌است، از توضیح آن صرف نظر می‌شود. در ادامه توضیح مختصری از مراحل طی شده در این نرم‌افزار ارائه می‌شود.

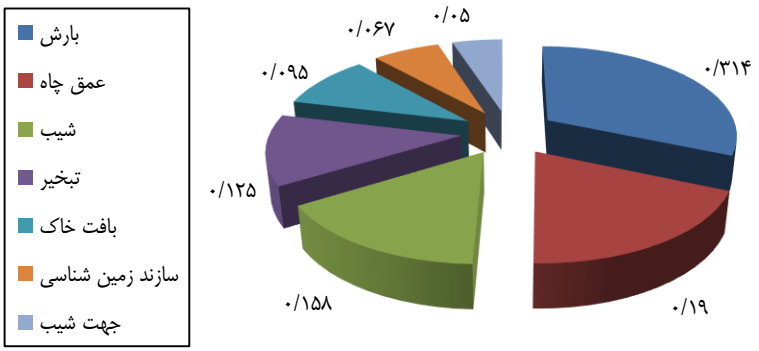
ابتدا فاکتورها و معیارها در نرم‌افزار تعریف و درخت سلسله مراتبی ترسیم شد. در مرحله‌ی بعد افرادی که مورد پرسش قرار گرفته‌بودند، در جدول شرکت‌کنندگان[5] تعریف و قضاوت‌های هر فرد وارد و با کنترل نرخ ناسازگاری، وزن‌های نسبی محاسبه شد. در نهایت با استفاده از دستور ترکیب قضاوت‌های پاسخ‌گوها[6]، وزن‌های نسبی محاسبه شده ترکیب و وزن نهایی گزینه‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها به‌دست آمد. نکته‌ی مهم در محاسبه وزن نهایی، انتخاب حالت تلفیق برای محاسبه‌ی وزن نهایی است. این نرم‌افزار دو حالت را برای این امر در نظر می‌گیرد، حالت ایده‌آل[7] و حالت توزیعی[8]. تفاوت این دو روش در نحوه محاسبه وزن نهایی است، هرچند که در ۹۲ درصد اوقات، نتیجه‌ی هر دو روش یکسان است (۷). لذا، چنانچه اولویت‌بندی گزینه‌ها مدنظر باشد و همچنین گزینه‌ها از یک جنس و مشابه هم نباشند، از مدل توزیعی استفاده می‌شود (۶). از این‌رو در تحقیق حاضر، از مدل توزیعی برای محاسبه نتیجه نهایی استفاده شد، هرچند که نتایج حاصل از هر دو روش یکسان بدست آمد.

نتایج و بحث

پارامترهای هفت‌گانه انتخابی در تحقیق عبارتند از: ۱- شیب ۲-جهت شیب ۳-تغییرات عمق چاه‌ها ۴-سازندهای زمین‌شناسی ۵- بافت خاک ۶- تبخیر ۷- بارش. اکثر پارامترهای انتخابی پژوهش حاضر هم‌راستا با فاکتورهای انتخابی مرکز مدیریت خشکسالی جنوب شرق اروپا (۲۰۱۲) در تهیه نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی کشورهای جنوب شرقی اروپا می‌باشد. با این تفاوت که در پژوهش حاضر، پارامترهای عمق چاه‌ها، سازندهای زمین‌شناسی و تبخیر اضافه شده است. مقایسه زوجی بین تمام پارامترها صورت گرفت و پس از تجزیه و تحلیل نهایی، وزن هرکدام از لایه‌های هفت گانه مربوط به آسیب پذیری اراضی زراعی و باغات تعیین شد شکل (۲) وزن نهایی هر یک از پارامترها را نشان می‌دهد.

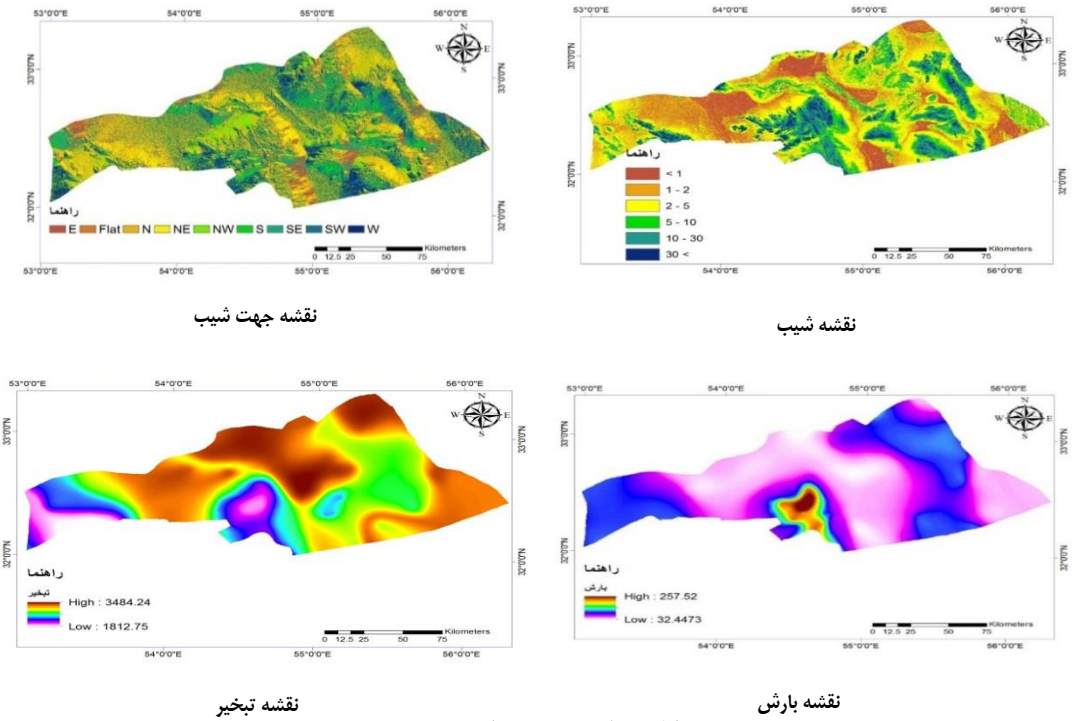
1- Aczel 2- Inconsistency 3-Local Priority 4-Overall Priority 5- Participants Table
6- Combine Participant's Judgment 7- Ideal Mode 8- Distributive Mode

[Downloaded from dml.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]



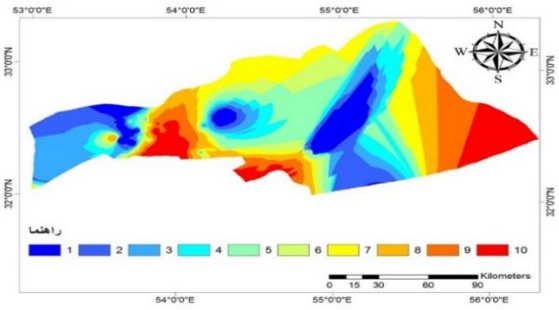
شکل ۲- وزن نهایی هر یک از پارامترها، در تهیه نقشه آسیب پذیری خشکسالی کشاورزی
Figure 2. The final weight of each parameter in the preparation of agricultural drought vulnerability map

در مرحله پایانی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، وزن‌های بدست آمده از مدلAHP، به نقشه‌های رستری مربوطه (شکل ۳) اعمال گردید.

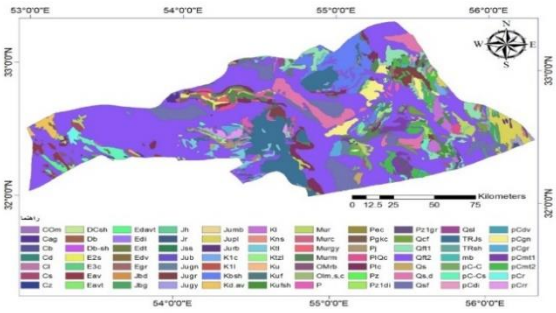


شکل ۳- لایه‌های مورد استفاده
Figure 3. Layers used

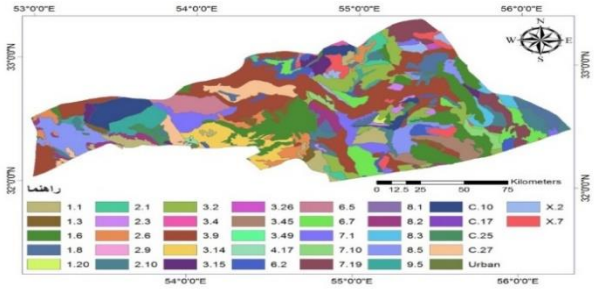
[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]



نقشه افت سفره



نقشه زمین شناسی



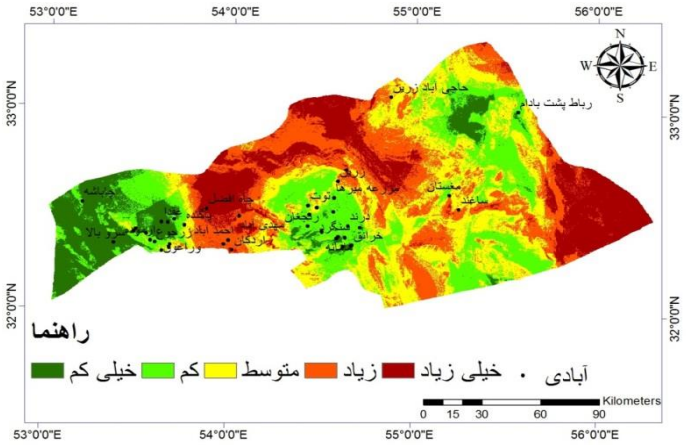
نقشه قابلیت (بافت خاک و نفوذپذیری)

ادامه شکل ۳- لایه‌های مورد استفاده
Continued of Figure 3. Layers used

و در نهایت نقشه‌های هفتگانه و پنجگانه رستری دارای وزن، باهم تلفیق شده و نقشه نهایی آسیب‌پذیری ناشی از خشکسالی کشاورزی مربوط به باغات و اراضی زراعی شهرستان اردکان حاصل شد. این نقشه‌ها دارای پنج کلاس آسیب‌پذیری می‌باشد نقشه حاصل در شکل (۴) نشان داده شده است.

جدول ۵- مساحت اراضی کشاورزی و باغی منطقه را در کلاس خشکسالی (هکتار)
Table 5. Area of agricultural and garden lands in the region in drought class (hectares)

کلاس خشکسالی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
باغ	۷/۲۲	۷۸/۳۸	۳۷۶/۴۳	۹۷/۱۴	۱۴۸۵/۶۳
کشاورزی	۴۵۳/۳۶	۶۷۸/۳۹	۶۵۳/۱۱	۴۵۵۸/۵۹	۳۹۲۹/۰۶

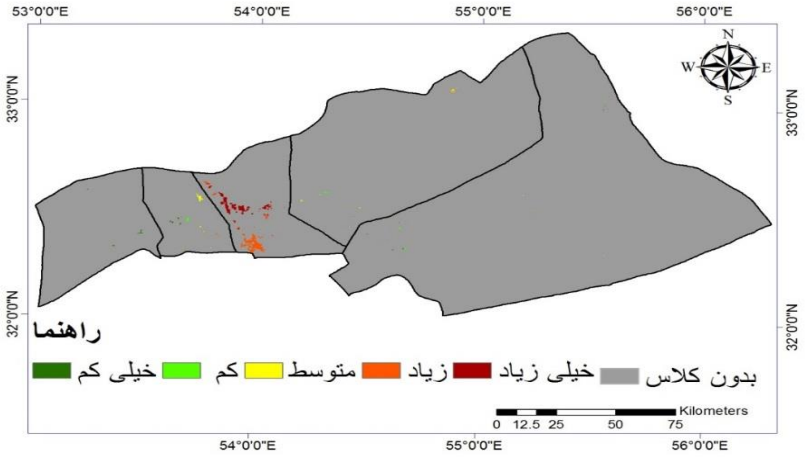


شکل ۴- نقشه آسیب‌پذیری ناشی از خشکسالی کشاورزی شهرستان اردکان
Figure 4. Vulnerability map caused by agricultural drought in Ardakan city

همان‌طورکه از نقشه نهایی آسیب‌پذیری ناشی از خشکسالی کشاورزی شهرستان اردکان مشاهده می‌شود، بیشترین آسیب‌پذیری مربوط به بخش مرکزی و قسمت‌هایی از بخش خرانق می‌باشد. به طوریکه شهر اردکان، شهر احمد

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]

آباد و روستای ترک آباد از بخش مرکزی در کلاس آسیب‌پذیری کشاورزی زیاد قرار گرفته‌اند. همچنین روستای چاه افضل در کلاس آسیب‌پذیری کشاورزی خیلی زیاد قرار دارد. از بخش خرانق روستاهای زرین، حاجی آباد زرین، مغستان و ساغند نیز در کلاس آسیب‌پذیری زیاد از نظر خشکسالی کشاورزی قرار دارند. روستاهای بخش عقدا در دسته کم و خیلی کم قرار گرفته‌اند. همچنین روستای رباط پشت بادام نیز در کلاس کم قرار دارد. جدول (۵) مساحت اراضی کشاورزی و باغی منطقه را در کلاس خشکسالی نشان می دهد.



شکل ۵- آسیب پذیری خشکسالی اراضی باغی شهرستان اردکان
Figure 5. Vulnerability of garden lands in Ardakan city

اسلام و شریفول (۱۲) نیز در تحقیقی مشابه در غرب بنگلادش آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی را در طبقات شدید، متوسط و خیلی شدید قرار داده و نقشه‌های آسیب‌پذیری را تهیه نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که از نظر وضعیت توپوگرافی اراضی باغی و کشاورزی واقع در شیب کمتر از ۱ درصد بیشترین مساحت ۲۹/۶۲ کیلومتر مربع را در کلاس آسیب‌پذیری زیاد به خود اختصاص داده‌اند. همچنین مساحت واقع در شیب‌های ۱ تا ۲ و ۲ تا ۵ درصد در رتبه‌های بعدی (۱۳/۶۸ و ۲/۱۷ کیلومترمربع) در کلاس خشکسالی زیاد قرار دارند. در تحقیقات وایت (۱۳) نیز برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی از پارامترهای موثر نظیر آب و هوا و خاک استفاده گردید.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق نشان داد که بین معیارهای اصلی آسیب‌پذیری خشکسالی بیشترین اهمیت به عامل‌های بارش، عمق چاه ها، شیب و تبخیر با وزن‌های ۰/۳۱۴، ۰/۱۹۰، ۰/۱۵۸ و ۰/۱۲۵ اختصاص یافت. در خصوص پارامترهای موثر در تهیه نقشه آسیب‌پذیری خشکسالی مراتع معیارهای بارش، تبخیر و بافت خاک با وزن‌های ۰/۵۴۰، ۰/۱۷۵ و ۰/۱۶۰ دارای بیشترین اهمیت بودند. نتایج نشان داد که بیشترین آسیب‌پذیری خشکسالی کشاورزی مربوط به بخش مرکزی اردکان و قسمت‌هایی از بخش خرانق می‌باشد. به طوریکه شهر اردکان، شهر احمد آباد و روستای ترک آباد از بخش مرکزی در کلاس آسیب‌پذیری کشاورزی زیاد قرار گرفته‌اند. همچنین روستای چاه افضل در کلاس آسیب‌پذیری کشاورزی خیلی زیاد قرار دارد. از بخش خرانق روستاهای زرین، حاجی‌آباد زرین، مغستان و ساغند نیز در کلاس آسیب‌پذیری زیاد از نظر خشکسالی کشاورزی قرار دارند. روستاهای بخش عقدا در دسته کم و خیلی کم قرار گرفته‌اند. همچنین روستای رباط پشت بادام نیز در کلاس کم قرار دارد. همچنین بررسی نقشه‌های آسیب‌پذیری خشکسالی نشان داد که اراضی باغی با مساحت ۱۴۸۵/۶۳ هکتار در کلاس خشکسالی زیاد قرار گرفته است و مساحت‌های کمتری در سایر کلاس‌های خشکسالی واقع شده‌اند. بیشترین مساحت اراضی کشاورزی به مساحت ۴۵۵۸/۵۹ هکتار نیز در کلاس خشکسالی زیاد قرار گرفتند. نتایج حاصل از این گونه پژوهش‌ها می‌تواند اطلاعات مناسبی را، از بخش‌های مختلف منطقه در اختیار مسئولین، مدیران وکارشناسان مربوطه قرار دهد، تا با شناخت کافی از خطرها، اثرات زیانبار خشکسالی و میزان آسیب‌پذیری هرمنطقه، واکنش‌ها و تصمیم گیری‌های مناسبی، در راستای کاهش خطرات و آسیب‌های ناشی از خشکسالی در رخدادهای آتی این پدیده صورت گیرد. این امر موجب می شود تا آمادگی برای سازگاری با خشکسالی، پیش از وقوع و گسترش آن افزایش یابد و به عبارت دیگر همزیستی با خشکسالی، به طور بهتری در جامعه کشاورزی شهرستان و استان، نمود پیدا کند. همچنین مطالعه و بهره برداری از دانش بومی کشاورزی، در زمینه صرفه جویی در مصرف آب و همزیستی با شرایط خشکی و خشکسالی منطقه، اعمال شیوه‌های کم آبیاری و مقاوم سازی درختان در برابر تنش‌های کم آبی و خشکسالی و ترویج استفاده از مواد مختلف جاذب الرطوبه در خاک‌های زراعی و باغی به عنوان پیشنهادهای علمی و کاربردی مطرح می‌باشد.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]

منابع

1. Andrea, M., Á. Németh and B. Zita. 2012. Estimation and mapping of drought vulnerability on the basis of climate, land use and soil parameters using GIS technique. Final conference of DMCSEE project Ljubljana.
2. Ekrami, M., H. Maleki Nejad and M.R. Ekhtesasi. 2013. Study of the impact of climate and water droughts on groundwater resources (Case Study: Yazd-Ardakan plain), Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering, 4(20): 47-54 (In Persian).
3. Farajzadeh, M., Z. Kazemnezhad and R. Borna. 2019. Assessing vulnerability of agriculture in the face of climate change (Case Study: Gilan Province). Jsaeh, 5(4): 89-106.
4. Fatehi Marj, A. and H.F. Hosseini. 2017. Agricultural Drought Risk Management for Alamot region in Ghazvin province, Journal of Watershed Engineering and Management 9(2): 155-16.
5. Funk, C. and M.E. Budd. 2009. Phonologically Tuned MODIS NDVI-based production normally estimates for Zimbabwe, Remote Sensing of Environment, 113(1): 115-125.
6. Ghodsipoor, H. 2002. Analytical Hierarchy Process (AHP). Tehran: Amirkabir Publication. (Original Work Published in 2000).
7. Maja, S., G. Gregor, B. Klemen and S. Samo. 2010. Assessing and Mapping Drought Vulnerability in Agricultural Systems – A case Study for Slovenia. 10thEMS/8thECACZürich, 13.
8. Naderi, S., R. Ghanbari Movaged and S. Gholamrezai. 2020. Assessing Social Vulnerability of Farmers to Drought: (The Case of: Kermanshah County). JGSMA. 1(2): 91-105.
9. Naeimi M. and E. Ehghaghi. 2002. Drought Investigation and Management in Iran, Scientific Information Center, No. 48424.
10. Plan and Budget Organization of Yazd Province. 2020. Statistical yearbook of Yazd Province, 798 pp.
11. Samadi Boroujeni, H. and A. Ebrahimi. 2010. Drought consequences in Chaharmahal and Bakhtiari province and ways to deal with it. Water Resource Research Center. Sharekord: Shahrekord University Publication (In Persian).
12. Shareful, H. and M.J. Islam. 2013. Drought vulnerability assessment in the high Barind Tract of Bangladesh using MODIS NDVI and land surface temperature (LST) imageries, International Journal of Science and Research, 4(2): 55-60.
13. Wilhite, D.A. 2000. Moving Toward Drought Risk Management: The Need for a Global Strategy, National Drought Mitigation Center School of Natural Resources University of Nebraska Lincoln U.S.A.
14. Wilhite, D.A. 2002. Report to the Inter Agency Task Force for Disaster Reduction, Sixth Meeting, Geneva, Switzerland, 2425, Reducing Vulnerability to Drought through Mitigation and Preparedness. National Drought Mitigation Center International Drought Information Center University of Nebraska Lincoln U.S.A.
15. Zare khormizie, H., S. Hosseini, M. Mokhtari and H. Ghafarian Malamiri. 2017. Analysis of relationship between drought and NDVI variations in different vegetation types (Case study: Southern rangelands of Yazd Province). Journal of Arid Biome, 7(2): 85-101.

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]
[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]

Assessment of Vulnerability Due to Agricultural Drought using Multi-criteria Decision Making System (Case Study: Ardakan City)

Seyed Ali Poorhashemi[1], Ali Fathzadeh[2], Mehdi Hayatzadeh[3], Mohammad Reza Fazelpoor[4] and Farzaneh Fotohi[5]

1- Master's graduate, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University
2- Associated Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University,
(Corresponding Author: fat@ardakan.ac.ir)
3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University
4- PhD in Watershed Management, General Department of Natural Resources and Watershed Management of Yazd
5- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University
Received: 14 February 2022 Accepted: 12 April 2022

Abstract

The severe and widespread droughts in Ardakan, especially in recent years, have added to the livelihoods of farmers and villagers and have caused irreparable damage to the economy of the city. The present study was conducted to investigate the drought vulnerability or zoning in order to implement and implement comprehensive drought management in Ardakan. In this study, the effective factors that affect the drought vulnerability of the study area were transformed into information layers and then the relevant classifications were made. Then, the layers created in terms of importance in agricultural drought vulnerability were prepared using the Analytical Hierarchy Process (GIS) and weighted maps (GIS) maps of each layer of information in the Model (AHP) Was. Finally, the aforementioned environmental maps (GIS) are integrated and finally, the areas of the study area are classified into five classes of agricultural drought vulnerability (very severe, severe, moderate, low, very low) as the final damage map. Agricultural drought susceptibility of Ardakan city was classified. The results showed that the garden lands with an area of 1485.63 hectares were located in high drought class and less area in other drought classes. Most of the agricultural land with an area of 4558.59 ha was also in high drought class. Also, in terms of topography status, less than 1% of the lands and agricultural lands occupy the highest area of 29.62 square kilometers in the most vulnerable class. Also the area located on slopes of 1 to 2 and 2 to 5% in the next rank (13.68 and 2.17 sq km) are in high drought class. The results showed that the most agricultural drought vulnerability was related to central part of Ardakan and parts of Kharanagh. Ardakan, Ahmadabad and Torkabad village in the central part of the country are in the class of agricultural vulnerability. The village of Chah Afzal is also in a very vulnerable agricultural class. The villages of Aghda are divided into low and very low clusters. The results also indicate the importance of the topography of the region, especially the slope parameter in the impact of drought.

Keywords: Agricultural lands, Geology, GIS, Topography, Weighting

[Downloaded from drnl.sanru.ac.ir on 2026-05-01]

[DOR: 20.1001.1.27174425.1400.2.3.10.0]